

PAULO CUSTÓDIO PIRES ANTUNES

**ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO E VULCANOLÓGICO DE
LAGOS NO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES: APLICAÇÕES
PARA A MITIGAÇÃO DE RISCOS NATURAIS**



UNIVERSIDADE DOS AÇORES

2008

PAULO CUSTÓDIO PIRES ANTUNES

**ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO E VULCANOLÓGICO DE LAGOS NO
ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES: APLICAÇÕES PARA A MITIGAÇÃO
DE RISCOS NATURAIS**

DISSERTAÇÃO DE DOUTORAMENTO NO RAMO DE GEOLOGIA
ESPECIALIDADE DE HIDROGEOLOGIA

ORIENTADORES:

PROF. DOUTOR JOSÉ VIRGÍLIO CRUZ

PROF. DOUTOR JOÃO LUÍS GASPAR



UNIVERSIDADE DOS AÇORES

2008

Aos meus pais

À Susana

Trabalho co-financiado pelo POCI 2010 e pelo FSE



Programa Operacional Ciência e Inovação 2010
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



ÍNDICE

ÍNDICE	i
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	xvii
AGRADECIMENTOS	xix
RESUMO	xxii
ABSTRACT	xxiv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento Geográfico	1
1.2. Enquadramento Geoestrutural	2
1.3. Actividade Sísmica nos Açores	4
1.4. Actividade Vulcânica nos Açores	6
1.5. Os Lagos	8
1.5.1. Distribuição e Características dos Lagos	8
1.5.2. A Problemática da Qualidade da Água	9
1.5.3. Processos Hidrogeoquímicos em Lagos	11
1.6. Objectivos da Dissertação	12
1.7. Estrutura da Dissertação	13
1.8. Metodologia	14
2. SISTEMAS LACUSTRES VULCÂNICOS	16
2.1. Distribuição e Génese dos Sistemas Lacustres Vulcânicos	16
2.2. Actividade Vulcânica Associada a Lagos	19
2.2.1. Interacção Água/Magmas	20
2.2.2. Catástrofes Associadas ao Vulcanismo Hidromagmático	24
2.3. Lagos Vulcânicos dos Açores	28
2.3.1. Actividade Vulcânica Associada a Lagos nos Açores	32
2.4. Hidrogeoquímica de Lagos Vulcânicos	37
2.5. Monitorização da Actividade Vulcânica em Lagos	38
3. SISTEMAS LACUSTRES ESTUDADOS	40
3.1. Localização dos Lagos Estudados	40
3.2. Características dos Lagos Estudados	40
3.3. Estruturas Vulcânicas Associadas aos Lagos Estudados	46
3.3.1. A Ilha de São Miguel	46
3.3.1.1. O Maciço Vulcânico das Sete Cidades	48
3.3.1.2. Complexo Vulcânico da Serra de Água de Pau	49
3.3.1.3. O Planalto da Achada das Furnas	52
3.3.1.4. O Vulcão das Furnas	52
3.4. A Ilha Terceira	54
3.4.1. O Vulcão dos Cinco Picos	54
3.4.2. O Vulcão de Guilherme Moniz	55
3.4.3. O Vulcão de Santa Bárbara	56
3.4.4. O Vulcão do Pico Alto	56
3.4.5. O Graben das Lajes	56
3.4.6. A Zona Fissural	56

3.5. A Ilha Graciosa	57
3.5.1. A Região Baixa do NW da Ilha	58
3.5.2. A Serra das Fontes	59
3.5.3. O Maciço da Serra Branca e da Serra Dormida	59
3.5.4. O Maciço da Caldeira	59
3.6. A Ilha do Pico	61
3.6.1. A Montanha do Pico	61
3.6.2. O Planalto da Achada	63
3.6.3. A Montanha do Topo	63
3.7. A Ilha das Flores	64
3.8. A Ilha do Corvo	66
4. HIDROGEOQUÍMICA	68
4.1. Considerações Gerais	68
4.2. Caracterização Hidrogeoquímica	69
4.2.1. Amostragem e Métodos de Análise	69
4.2.2. Parâmetros Físicos	74
4.2.2.1. Temperatura	74
4.2.2.2. Condutividade Eléctrica	98
4.2.3. Parâmetros Químicos	104
4.2.3.1. pH	104
4.2.3.2. O ₂	112
4.2.3.3. CO ₂	119
4.2.3.4. Alcalinidade	134
4.2.3.5. Catiões	140
4.2.3.6. Aniões	160
4.2.3.7. SiO ₂	187
4.2.4. Fácies Hidrogeoquímicas	196
4.2.5. Equilíbrio Químico	197
4.2.5.1. Índices de Saturação	197
4.2.6. Análise Multivariada	201
4.2.7. Isótopos Ambientais	209
5. MODELAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA	218
5.1. Generalidades	218
5.2. Modelo DYRESM-CAEDYM	221
5.2.1. DYRESM: Modelo hidrodinâmico	222
5.2.2. CAEDYM: Modelo da ecologia aquática.	224
5.3. Variáveis Modeladas	227
5.3.1. Carbono Inorgânico dissolvido	227
5.3.1.1. Carbono Inorgânico dissolvido: Fluxo Ar/Água	228
5.3.1.2. Carbono Inorgânico dissolvido: dinâmica do carbonato	229
5.4. Metodologia	230
5.4.1. Calibração	241
5.4.2. Cenários	244
5.5. Resultados e Discussão	245
5.6. Conclusão	268
6. MONITORIZAÇÃO SISMOVULCÂNICA	273
6.1. Métodos de Monitorização Sismovulcânica	273

6.1.1. Monitorização dos Lagos Vulcânicos	275
6.2. Base de Dados <i>DataLake</i>	276
6.3. Monitorização Sismovulcânica em Lagos nos Açores	277
6.3.1. O Caso de Estudo da Crise do Vulcão do Fogo de 2005	277
6.3.2. Planificação da Monitorização	277
6.3.3. Metodologia Aplicada	278
6.4. Resultados	280
7. CONCLUSÕES	284
8. BIBLIOGRAFIA	290
ANEXOS	
ANEXO I	II
(REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIAÇÃO DO LOG (IS) RELATIVO ÀS AMOSTRAS DE ÁGUA DOS LAGOS DA ILHA DE SÃO MIGUEL)	
ANEXO II	XVII
(REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIAÇÃO DO LOG (IS) RELATIVO ÀS AMOSTRAS DE ÁGUA DOS LAGOS DA ILHA DO PICO)	
ANEXO III	XXVIII
(REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIAÇÃO DO LOG (IS) RELATIVO ÀS AMOSTRAS DE ÁGUA DOS LAGOS DA ILHA DAS FLORES)	
ANEXO IV	XLI
(REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIAÇÃO DO LOG (IS) RELATIVO ÀS AMOSTRAS DE ÁGUA DA LAGOA DO ALGAR DO CARVÃO)	
ANEXO V	XLIV
(REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIAÇÃO DO LOG (IS) RELATIVO ÀS AMOSTRAS DE ÁGUA DO LAGO DA FURNA DO ENXOFRE)	
ANEXO VI	XLVII
(PESO DOS COEFICIENTES DE COMBINAÇÃO LINEAR DAS VARIÁVEIS ANALISADAS (INCLUI AS AMOSTRAS DE ÁGUA DA LAGOA DA FURNA DO ENXOFRE))	
ANEXO VII	LIV
(PESO DOS COEFICIENTES DE COMBINAÇÃO LINEAR DAS VARIÁVEIS ANALISADAS (EXCLUI AS AMOSTRAS DE ÁGUA DA LAGOA DA FURNA DO ENXOFRE))	

ANEXO VIII	LXI
(FICHEIRO <i>dat</i> : CONTÉM AS CONSTANTES DA PARTE ECOLÓGICA E DOS NUTRIENTES PARA AS DIFERENTES EQUAÇÕES DO MODELO)	
ANEXO IX	LXXX
(FICHEIRO <i>int</i> : ENCERRA TODA A INFORMAÇÃO RELATIVA ÀS CONDIÇÕES INICIAIS DO MODELO)	
ANEXO X	LXXXV
(FICHEIRO <i>met</i> : CONTÉM TODA A INFORMAÇÃO RELATIVA AOS DADOS METEOROLÓGICOS)	
ANEXO XI	CXXXIII
(FICHEIRO <i>wdr</i> : CONTÉM OS DADOS RELATIVOS AO QUE SAI DOS LAGOS)	
ANEXO XII	CL
(HISTOGRAMAS DA SIMULAÇÃO EFECTUADA NA LAGOA DAS FURNAS)	

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Fig. 1.1	
Localização geográfica do Arquipélago dos Açores.	1
Fig. 1.2	
Esquema batimétrico da designada plataforma dos Açores (adaptado de Lourenço <i>et al.</i> , 1997).	2
Fig. 1.3	
Esquema das estruturas mais representativas da designada plataforma dos Açores.	3
Fig. 1.4	
Carta epicentral dos eventos registados entre 1980 e Junho de 2006 no Arquipélago dos Açores (fonte: dados do SIVISA, 2006).	4
Fig. 1.5	
Vulcanismo histórico registado no Arquipélago dos Açores. (modificado de Weston, 1964, com dados de Queiroz <i>et al.</i> , 1995, Queiroz, 1997 e Gaspar <i>et al.</i> , 2003).	7
Fig. 1.6	
Esquema representativo das áreas da Europa onde ocorre sobreexploração da água subterrânea e intrusão salina. (adaptado de Scheidleder <i>et al.</i> , 1999).	10
Fig. 2.1	
Esquema representativo de um cone de escórias (adaptado de Nelson, 2004).	17
Fig. 2.2	
Esquema representativo de um <i>Maar</i> (adaptado de Nelson, 2004).	18
Fig. 2.3	
Esquema interpretativo da formação de uma caldeira, representando o início da erupção vulcânica (A) com uma fase de ejeção de material de forma violenta e resulta no esvaziamento da câmara magmática (B). Posteriormente, ocorre o colapso de parte da estrutura, devido à falta de sustentação (C) e no final a formação de um lago pela acumulação da água meteórica (D) (adaptado de Nelson, 2004).	19
Fig. 2.4	
Localização das erupções vulcânicas que ocorreram em lagos vulcânicos durante o período histórico. As áreas numeradas e delimitadas pelo tracejado são as que constam do <i>catálogo dos vulcões activos no mundo</i> . A dimensão de cada símbolo utilizado é proporcional à da maior erupção medida pelo Índice de Explosividade Vulcânica (IEV) de Newhall e Self (1982). modificado de Mastin e Witter (2000). As eventuais erupções das Sete Cidades, do Fogo e das Furnas não apresentam correspondência simbólica com o IEV.	24

Fig. 2.5	
Lagos localizados no grupo oriental.	29
Fig. 2.6	
Lagos localizados no grupo Central.	30
Fig. 2.7	
Lagos localizados no grupo ocidental.	31
Fig. 2.8	
Esquema interpretativo da possível interacção da água de um lago vulcânico com os fenómenos atmosféricos e os fluidos de origem vulcânica (adaptado de Pasternack, 1996).	39
Fig. 3.1	
Localização dos lagos estudados na ilha de São Miguel.	41
Fig. 3.2	
Localização da Lagoa do Algar do Carvão.	42
Fig. 3.3	
Localização da Lagoa da Furna do Enxofre.	42
Fig. 3.4	
Localização dos lagos estudados na ilha do Pico.	43
Fig. 3.5	
Localização dos lagos estudados na ilha das Flores.	44
Fig. 3.6	
Localização da Lagoa do Caldeirão na ilha do Corvo.	45
Fig. 3.7	
Distribuição da classe modal relativamente à altitude, à área, à profundidade máxima e à classificação geológica. CE – cone de escórias; CC – cratera de colapso; M – maar (s. l.); CPP – cone de pedra pomes; d – depressão indiferenciada; icv – interior de concavidade vulcânica.	46
Fig. 3.8	
Localização das principais unidades geomorfológica da ilha de São Miguel (Zbyszewski, 1961): 1 – O Maciço Vulcânico das Sete Cidades; 2 – A Região dos Picos; 3 – O Complexo Vulcânico da Serra de Água de Pau; 4 – O Planalto da Achada das Furnas; 5 – O Vulcão das Furnas; 6 – O Vulcão da Povoação; 7 – A Região da Tronqueira e do Nordeste; 8 – A Plataforma Litoral do Norte.	48
Fig. 3.9	
Localização dos diferentes centros eruptivos segundo Wallenstein (1999). As circunferências apresentam uma dimensão proporcional ao diâmetro médio da base da forma (in Pimentel, 2004).	51

Fig. 3.10	
Modelo digital da ilha Terceira representando as 6 regiões geomorfológicas. 1 – Vulcão dos Cinco Picos; 2 – Vulcão de Guilherme Moniz; 3 – Vulcão de Santa Barbara; 4 – Vulcão do Pico Alto; 5 – <i>Graben</i> das Lajes; 6 – Zona Fissural (adaptado de Zbyszewski, 1968; Zbyszewski <i>et al.</i> , 1971 e Self, 1974, 1976); ● Localização do Algar do Carvão.	55
Fig.3.11	
Esquema interpretativo do interior do Algar do Carvão (adaptado da SRAM).	57
Fig. 3.12	
Modelo digital da ilha da Graciosa representando as 4 regiões geomorfológicas. 1 – A Região Baixa do NW da ilha; 2 - A Serra das Fontes; 3 - O Maciço da Serra Branca e da Serra Dormida e 4 - O Maciço da Caldeira. ● Localização da Furna do Enxofre.	58
Fig. 3.13	
Modelo digital da ilha do Pico representando as 3 regiões geomorfológicas. 1 – A Montanha do Pico; 2 - O planalto da Achada e 3 - A Montanha do Topo. ● Localização dos lagos estudados.	61
Fig. 4.1	
Absorção atômica da marca GBC, modelo SENSAA série AAS.	70
Fig. 4.2	
Cromatógrafo de troca iónica, modelo ICS-1000.	71
Fig. 4.3	
Embarcação pneumática equipada com um motor eléctrico utilizado nas amostragens das Lagoas das Sete Cidades, do Fogo e das Furnas.	72
Fig. 4.4	
Barcos insufláveis utilizados na amostragem das Lagoas de Santiago e do Congro, e nos lagos localizados na ilha Terceira, no Pico, nas Flores e no Corvo.	72
Fig. 4.5	
Barco utilizado na colheita de amostras de água no lago da Furna do Enxofre (esq.) e o equipamento de escafandro autónomo utilizado no decorrer dos trabalhos (dir).	73
Fig. 4.6	
Esquema representativo do comportamento da densidade da água em função da temperatura (modificado de Berner & Berner, 1996).	75
Fig. 4.7	
Perfil da temperatura de Verão associada à resistência térmica à circulação da água em profundidade para o lago <i>Little Round</i> , Ontário (Canadá). A R.T.R. à mistura é dada para camadas de água com 0,5 m de espessura ($R.T.R. = 8 \times 10^{-6}$, i.e. a diferença de densidades entre a água a 5 ° e a 4 °C. A R.T.R. das camadas de água do lago está expressa como a razão da diferença de densidades entre a água no topo e no fundo de cada coluna e a diferença de densidades	

entre a água e 5 ° e a 4 °C; (modificado de Vallentyne, 1957, <i>in</i> : Wetzel, 1993).	76
Fig. 4.8 Esquema representativo do perfil de temperatura da coluna de água de um lago no final do período de Verão (modificado de Berner & Berner, 1996).	77
Fig. 4.9 Esquema representativo da evolução do perfil de temperatura na coluna de água, durante um ciclo, em um lago que congela no Inverno (dimítico). Nos lagos dos Açores e Zona mediterrânea, os lagos são monomíticos (perdem a estratificação uma vez por ano), situação caracterizada à direita do tracejado no gráfico (modificado de Berner & Berner, 1996).	78
Fig. 4.10 Batimetria da lagoa das Sete Cidades (dados cedidos pela DROTRH; 1. Local de amostragem aproximado na Lagoa Azul; 2. Local de amostragem aproximado na Lagoa Verde).	82
Fig.4.11 Mapa hipsométrico da Caldeira das Sete Cidades.	82
Fig. 4.12 Evolução da temperatura na coluna de água face à variação sazonal, na Lagoa das Sete Cidades.	83
Fig. 4.13 Evolução da temperatura na coluna de água face à variação sazonal, na Lagoa de Santiago.	85
Fig. 4.14 Relação entre a média da temperatura calculada nos meses considerados e a altitude que se situam os lagos.	86
Fig. 4.15 Evolução da temperatura na coluna de água face à variação sazonal, na Lagoa do Fogo.	87
Fig. 4.16 Batimetria da lagoa do Fogo (dados cedidos pela DROTRH; 1. Local de amostragem aproximado na Lagoa do Fogo).	89
Fig. 4.17 Batimetria da Lagoa do Congro (dados cedidos pela DROTRH; 1. Local de amostragem aproximado na Lagoa Azul).	90
Fig. 4.18 Mapa hipsométrico da cratera do Congro.	90
Fig. 4.19 Evolução da temperatura na coluna de água face à variação sazonal, na Lagoa do Congro.	91

Fig. 4.20	
Batimetria da Lagoa das Furnas (dados cedidos pela DROTRH;	
● Locais de amostragem aproximados na Lagoa das Furnas:	
1. Furnas Fumarola; 2. Furnas Profundo; 3. Furnas Capela).	92
Fig. 4.21	
Perfis de temperatura realizados na zona Este da Lagoa das Furnas.	93
Fig. 4.22	
Evolução da temperatura na coluna de água face à variação sazonal, na Lagoa das Furnas.	93
Fig. 4.23	
Perfis de temperatura realizados nas lagoas da ilha do Pico.	95
Fig. 4.24	
Perfis de temperatura realizados nas lagoas da ilha das Flores.	97
Fig. 4.25	
Perfis de temperatura realizados nas Lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.	98
Fig. 4.26	
Perfis de condutividade eléctrica realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.	100
Fig. 4.27	
Perfis de condutividade eléctrica realizados nas lagoas da ilha do Pico.	101
Fig. 4.28	
Perfis de condutividade eléctrica realizados nas lagoas da ilha das Flores.	102
Fig. 4.29	
Perfis de condutividade eléctrica realizados nas lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.	103
Fig. 4.30	
Perfis de pH realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.	107
Fig. 4.31	
Perfis de pH realizados nas lagoas da ilha do Pico.	109
Fig. 4.32	
Perfis de pH realizados nas lagoas da Ilha das Flores.	110
Fig. 4.33	
Perfis de pH realizados nas lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.	111
Fig. 4.34	
Perfis de O ₂ realizados nas Lagoas da ilha de São Miguel.	115
Fig. 4.35	
Perfis de O ₂ realizados nas lagoas da ilha do Pico.	117

Fig. 4.36	
Perfis de O ₂ realizados nas lagoas da ilha das Flores.	118
Fig. 4.37	
Perfis de O ₂ realizados nas lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.	119
Fig. 4.38	
Comportamento das espécies carbonatadas em função do pH num sistema aberto ($P_{CO_2} = 10^{-3.5}$ atm; adaptado de Deutsch, 1997).	121
Fig. 4.39	
Perfis de CO ₂ realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.	125
Fig. 4.40	
Perfis de CO ₂ realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.	126
Fig. 4.41	
Perfis de CO ₂ realizados nas lagoas da ilha do Pico.	131
Fig. 4.42	
Perfis de CO ₂ realizados nas lagoas da ilha das Flores.	132
Fig. 4.43	
Perfis de CO ₂ realizados nas lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.	134
Fig. 4.44	
Perfis de alcalinidade determinados nas Lagoas da ilha de São Miguel.	137
Fig. 4.45	
Perfis de alcalinidade determinados nas Lagoas da ilha do Pico.	138
Fig. 4.46	
Perfis de alcalinidade determinados nas Lagoas da ilha das Flores.	139
Fig. 4.47	
Perfis de alcalinidade determinados nas Lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.	139
Fig. 4.48	
Perfis dos catiões determinados nas Lagoas da ilha de São Miguel.	142
Fig. 4.49	
Relação entre a mineralização da água, representada pela condutividade, e da concentração das médias dos iões maiores existentes em cada lago.	143
Fig. 4.50	
Distribuição dos valores médios dos iões sódio e cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das Lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).	144

Fig. 4.51	
Distribuição dos valores médios dos iões potássio e cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das Lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).	146
Fig. 4.52	
Distribuição dos valores médios dos iões magnésio e cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das Lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).	146
Fig. 4.53	
Distribuição dos valores médios dos iões cálcio e cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).	149
Fig. 4.54	
Relação entre as concentrações em dióxido de carbono livre e o ião cálcio.	150
Fig. 4.55	
Perfis dos catiões determinados nas Lagoas da ilha do Pico.	151
Fig. 4.56	
Correspondência entre os catiões e o anião cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar, nas lagoas da ilha do Pico.	152
Fig. 4.57	
Perfis dos catiões determinados nas Lagoas da ilha das Flores.	153
Fig. 4.58. Correspondência entre os catiões e o anião cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar, nas lagoas da ilha das Flores.	155
Fig. 4.59	
Relação entre os metais alcalinos e os catiões magnésio e ferro.	156
Fig. 4.60	
Relação entre o ião magnésio e a sílica.	156
Fig. 4.61	
Perfis dos catiões determinados nas Lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.	157
Fig. 4.62	
Correspondência entre os catiões e o anião cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar, nas lagoas localizadas no interior das grutas lávicas.	158

Fig. 4.63	
Relação entre os metais alcalinos e os alcalino terrosos na Lagoa do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.	160
Fig. 4.64	
Relação entre a mineralização da água representada pela condutividade e da concentração dos aniões maiores analisados à superfície, a meio e no fundo da coluna de água, nos diferentes sistemas estudados.	163
Fig. 4.65	
Perfis dos aniões realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.	165
Fig. 4.66	
Proporção relativa das diferentes espécies de carbono inorgânico em solução e em função do pH. Todavia, muitos sistemas de água natural têm um valor de pH próximo da neutralidade e a espécie de carbono predominante é o ião bicarbonato (adaptado de Albarède, 2003).	167
Fig. 4.67	
Distribuição das amostras da água dos lagos da Ilha de São Miguel em relação aos iões sódio vs cloreto e à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).	168
Fig. 4.68	
Distribuição das amostras da água dos lagoa da Ilha de São Miguel em relação aos iões sulfato vs cloreto e à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).	170
Fig. 4.69	
Perfis dos catiões determinados nas Lagoas da ilha do Pico.	171
Fig. 4.70	
Distribuição das amostras da água dos lagoa da Ilha do Pico em relação aos iões sulfato vs cloreto e à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).	173
Fig. 4.71	
Perfis dos catiões determinados nas Lagoas da ilha das Flores.	174
Fig. 4.72	
Relação entre a mineralização da água representada pela condutividade e da concentração do ião bicarbonato analisado nos diferentes sistemas estudados.	174
Fig. 4.73	
Distribuição das amostras da água dos lagoa da Ilha das Flores em relação aos iões sulfato vs cloreto e à recta que caracteriza o teor destes	

elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).	177
Fig. 4.74 Perfis dos aniões determinados nas Lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.	178
Fig. 4.75 Relação entre a mineralização da água representada pela condutividade e da concentração do ião bicarbonato.	178
Fig. 4.76 Relação entre a concentração dos catiões sódio e potássio com o anião bicarbonato.	179
Fig. 4.77 Distribuição das amostras da água dos lagoa da Ilha das Flores em relação aos iões sulfato vs cloreto e à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).	181
Fig. 4.78 Relação entre o CO ₂ total com a concentração do anião bicarbonato analisados à superfície, a meio e no fundo da coluna de água, nos diferentes sistemas estudados.	182
Fig. 4.79 Relação entre o CO ₂ livre com a concentração do anião bicarbonato analisados à superfície, a meio e no fundo da coluna de água, nos diferentes sistemas estudados.	182
Fig. 4.80 Relação entre a concentração do dióxido de carbono total com o anião bicarbonato, nos lagos da Ilha de São Miguel.	183
Fig. 4.81 Relação entre a concentração do dióxido de carbono total com o anião bicarbonato, nos lagos da Ilha de São Miguel.	183
Fig. 4.82 Relação entre a concentração do dióxido de carbono total com o anião bicarbonato, nos lagos dos Açores.	185
Fig. 4.83 Relação entre a concentração do dióxido de carbono total com o anião bicarbonato, nos lagos das Ilhas de São Miguel, Pico, Flores e Corvo.	186
Fig. 4.84 Perfis da sílica realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.	189

Fig. 4.85	
Perfis da SiO_2 realizados nas lagoas da ilha do Pico.	192
Fig. 4.86	
Perfis da sílica realizados nas lagoas da ilha das Flores.	193
Fig. 4.87	
Relação entre a concentração da sílica com o anião cloreto, nos lagos da Ilha das Flores.	194
Fig. 4.88	
Resultado dos perfis da sílica realizados nas lagoas das grutas vulcânicas.	195
Fig. 4.89	
Diagrama de Piper representativo da composição química das águas dos lagos estudados.	197
Fig. 4.90	
Dendograma resultante da análise das amostras de água representativas da superfície, meio e fundo, da coluna de água nos lagos estudados.	204
Fig. 4.91	
Dendograma relativo à similariedade entre os parâmetros físicos e químicos nas amostras de água.	206
Fig. 4.92	
Histograma relativo às componentes principais na distribuição das amostras dos lagos dos Açores.	207
Fig. 4.93	
Histograma relativo às componentes principais na distribuição das amostras dos lagos dos Açores sem a presença das amostras da Lagoa da Furna do Enxofre.	208
Fig. 4.94	
Relação entre o conteúdo isotópico de ^2H vs o ^{18}O das águas dos lagos, comparativamente aos valores de outros fluidos.	213
Fig. 4.95	
Relação entre o conteúdo isotópico de ^{13}C vs o CO_2T , das águas dos lagos, comparativamente aos valores de outros fluidos.	216
Fig. 4.96	
Relação entre o conteúdo isotópico de ^{34}S vs o SO_4^{2-} das águas dos lagos, comparativamente aos valores das águas subterrâneas das Furnas.	217
Fig. 5.1	
Generalização das etapas a aplicar num programa de modelação (adaptado de Anderson e Woessner, 2002). 1 – Introdução de dados simulados com o objectivo de estabelecer o efeito de incerteza no modelo.	221

Fig. 5.2	
Perspectiva das variáveis utilizadas na modelação do programa CAEDYM (Adaptado de Hipsey, 2006).	225
Fig.5.3	
Diagrama representativo das variáveis modeladas pelo programa CAEDYM.	226
Fig. 5.4	
Esquema simplificado da dinâmica do carbono modelado pelo programa CAEDYM. CI – Carbono inorgânico; COD – Carbono orgânico dissolvido (permutável ou instável); COP – Carbono orgânico particulado (permutável ou instável); BBa – Biomassa bacterial; M Al – Macroalgas.	227
Fig. 5.5	
Ficheiro do programa configuração do modelo. O exemplo da figura refere-se aos dados configurados para a Lagoa Verde.	231
Fig. 5.6	
Exemplo do formato de configuração do ficheiro <i>con</i> , com as diversas variáveis biológicas, variáveis químicas (nutrientes) e outras variáveis associadas.	232
Fig. 5.7	
Exemplo do formato de configuração, de uma fracção, do ficheiro <i>dat</i> , com os valores das variáveis relativas à radiação solar e de algumas constantes do fitoplâncton. O ficheiro completo encontra-se no anexo A.	233
Fig. 5.8	
Fracção do ficheiro de configuração relativo às entradas de nutrientes, no caso particular, os primeiros 26 dias do ano de 2004 na Lagoa Verde das Sete Cidades.	234
Fig. 5.9	
Exemplo da configuração de uma fracção do ficheiro <i>int</i> , para a Lagoa Verde.	236
Fig. 5.10	
Parte do ficheiro relativo aos dados meteorológicos, para os primeiros 22 dias, utilizados na configuração do modelo na Lagoa Verde. SW – radiação solar; Cloud cover – nebulosidade; Temp – temperatura; VP – pressão de vapor; WS – velocidade do vento; Rain – precipitação.	237
Fig. 5.11	
Ficheiro de configuração dos parâmetros hidrodinâmicos nos sistemas aquáticos. O exemplo da figura refere-se aos valores utilizados nos diferentes lagos estudados.	238
Fig. 5.12	
Ficheiro de configuração dos dados morfométricos da Lagoa Verde (Sete Cidades).	238
Fig. 5.13	
Exemplo do ficheiro de configuração relativo às saídas da Lagoa Verde, para os primeiros 26 dias.	239

Fig. 5.14	
Ficheiro que configura os dados de temperatura e salinidade para o início da simulação.	239
Fig. 5.15	
Ficheiro que encerra alguns dados experimentais relativos às épocas do ano que existe estratificação de origem térmica e quando a mesma é esbatida. WTR_TEMP – temperatura; DO – oxigénio dissolvido; PO ₄ – ião fosfato.	240
Fig. 5.16	
Comparação dos resultados do modelo (linhas continuas) e os dados de campo (pontos), relativos à temperatura, após calibração do modelo hidrodinâmico.	243
Fig. 5.17	
Resultado do pH simulado pelo modelo (linhas continuas) e comparado com os dados de campo (pontos).	243
Fig. 5.18	
Resultado do O ₂ simulado pelo modelo (linhas continuas) e comparado com os dados de campo (pontos).	244
Fig. 5.19	
Resultado do DIC nos 4 lagos modelados.	246
Fig. 5.20	
Histogramas relativos ao comportamento do DIC (mg/L) nos lagos modelados.	247
Fig. 5.21	
Resultado do pH nos 4 lagos modelados.	248
Fig. 5.22	
Resultado da modelação do CO ₂ , na lagoa Verde das Sete Cidade, pelo modelo AQUASIM.	250
Fig. 5.23	
Resultado do <i>input</i> de DIC simulado nos lagos para o mês de Janeiro.	251
Fig. 5.24	
Resultado do <i>input</i> de DIC simulado, na Lagoa Verde e do Fogo, para os primeiros 184 dias do ano de 2004.	254
Fig. 5.25	
Resultado do <i>input</i> de DIC simulado, na Lagoa da Furnas, para os primeiros 184 dias do ano de 2004.	256
Fig. 5.26	
Resultado da temperatura simulada, na Lagoa da Furnas.	257
Fig. 5.27	
Resultado do <i>input</i> de DIC simulado, na Lagoa Verde, no período do Verão.	259

Fig. 5.28	
Resultado do <i>input</i> de <i>DIC</i> simulado, na Lagoa Verde, no período do Verão.	260
Fig. 5.29	
Resultado do <i>input</i> de <i>DIC</i> simulado, na Lagoa do Fogo, para os primeiros 92 dias do período de Verão.	261
Fig. 5.30	
Resultado do <i>input</i> de <i>DIC</i> simulado, na Lagoa do Fogo, para os 6 meses do período de Verão.	262
Fig. 5.31	
Resultado do pH nas simulações com maior concentração de <i>DIC</i> .	264
Fig. 5.32	
Resultado das duas simulações efectuadas para o aumento, do volume do caudal e da concentração de <i>DIC</i> , do input.	266
Fig. 5.33	
Resultado da simulação efectuada para o aumento, do volume do caudal e da concentração de <i>DIC</i> , do input na Lagoa das Furnas.	268
Fig. 6.1	
Técnicas utilizadas na vigilância vulcânica (adaptado de McGuire <i>et al.</i> , 1995).	274
Fig. 6.2	
Distribuição dos epicentros da actividade sísmica registada (fonte: SIVISA).	278
Fig. 6.3	
Relação entre a concentração dos catiões com o anião cloreto, nos lagos de São Miguel.	282
Fig. 6.4	
Relação entre a concentração dos aniões sulfato com o cloreto, nos lagos de São Miguel.	282
Fig. 6.5	
Relação entre a concentração dos aniões magnésio com o cloreto, nos lagos de São Miguel.	283

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	
Localização e consequências inerentes aos principais eventos sísmicos no arquipélago dos Açores (adaptado de Gaspar <i>et al.</i> , 1999).	5
Tabela 1.2	
Inventário da água na biosfera (adaptado de Berner e Berner, 1996; Wetzel, 1993).	8
Tabela 2.1	
Erupções vulcânicas históricas ocorridas em lagos vulcânicos (adaptado de Mastin e Witter, 2000).	23
Tabela 2.2	
Mortes provocadas por eventos associados a erupções vulcânicas (Blong, 1984).	25
Tabela 2.3	
Números de mortes provocadas por <i>lahars</i> primários (Blong, 1984).	27
Tabela 2.4	
Características de alguns lagos do Arquipélago dos Açores (modificado de DROTRH-INAG (2001).	33
Tabela 3.1	
Características dos Lagos estudados.	47
Tabela 4.1	
Valor máximo, mínimo, média, mediana e desvio padrão calculados para os diferentes parâmetros analisados nos lagos da ilha de São Miguel. No mês de Maio verifica-se a transição entre as duas estações pelo que foi excluído do cálculo estatístico.	80
Tabela 4.2	
Valor máximo, mínimo, média, mediana e desvio padrão calculados para os diferentes parâmetros analisados nos lagos da ilha de São Miguel. No mês de Maio verifica-se a transição entre as duas estações pelo que foi excluído do cálculo estatístico.	81
Tabela 4.3	
Áreas e volumes calculados para camadas de água com 5 m de espessura nas Lagoas Verde e Azul das Sete Cidades (adaptado de Cruz <i>et al.</i> , 2007).	83
Tabela 4.4.	
Áreas e volumes calculados para camadas de água com 5,3 m de espessura na Lagoa do Fogo (adaptado de Cruz <i>e, al.</i> , 2007).	88
Tabela 4.5.	
Valores máximos e mínimos determinados para os diferentes parâmetros nas amostragens efectuadas nas ilhas do Pico, Flores, Graciosa e Terceira.	96

Tabela 4.6	
Valores de temperatura, condutividade eléctrica e pH referentes à água da chuva. As amostragens foram efectuadas junto à margem da Lagoa das Sete Cidades e da Furnas. No maciço do Fogo, a água de precipitação foi recolhida no Pico da Barrosa.	108
Tabela 4.7	
Valores de Clorofila <i>a</i> e de Feopigmentos determinados a diferentes profundidades em 3 dos lagos estudados.	110
Tabela 4.8	
Valores determinados na boca das nascentes que distam entre si cerca de 6 m.	133
Tabela 4.9	
Valores determinados nas nascentes localizadas na margem da Lagoa Comprida.	157
Tabela 4.10	
Matriz representativa das amostragens efectuadas nos lagos estudados e submetida à análise multivariada.	202
Tabela 4.11	
Continuação da matriz representativa das amostragens efectuadas nos lagos estudados e submetida à análise multivariada.	203
Tabela 4.12	
Isótopos ambientais comumente empregues nos estudos biogeoquímicos e hidrológicos (adaptado de Mook, 2000).	210
Tabela 4.13	
Resultados das análises isotópicas efectuadas nos lagos e nascentes termais de São Miguel, da Terceira e da Graciosa (fontes: (1) Cruz e França, 2006; (2) Carvalho, 1999; Cruz <i>et al.</i> , 1999; (4) Cruz, 1997; (5) Coutinho, 2000; (6) Cruz 1992; (7) Demande <i>et al.</i> , 1982).	212
Tabela 4.14	
Resultados das análises isotópicas do ^{13}C e do ^{34}S efectuadas nos lagos e nascentes termais de São Miguel, da Terceira e da Graciosa.	214
Tabela 5.1	
Significado das abreviaturas utilizadas na figura 5.2.	225
Tabela 5.2	
Chave de leitura relativa aos títulos dos cenários apresentados em conformidade com os dias de entrada de <i>DIC</i> , altura do ano e concentração de cada entrada nos diferentes lagos.	252
Tabela 6.1	
Parâmetros analisados no local de amostragem e após a chegada ao laboratório de hidrogeoquímica.	279

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar o meu agradecimento e reconhecimento especial a todas as pessoas e amigos que colaboraram e contribuíram, de alguma forma, para a concretização deste trabalho:

- ao Prof. Doutor José Virgílio Cruz, pela sua disponibilidade, pelos seus ensinamentos, pelas sugestões que sempre foram valiosas e, sobretudo, pela muita paciência demonstrada na fase de conclusão dos trabalhos;
- ao Prof. Doutor João Luís Gaspar, co-orientador deste trabalho, a quem agradeço ter-me dado a oportunidade para embarcar neste empreendimento e incentivado para levar a cabo este desafio;
- à Doutora Gabriela Queiroz, pela sua simpatia e disponibilidade sempre presentes e também por toda a ajuda e apoio manifestados ao longo da minha permanência no CVARG;
- à Prof. Doutora Teresa Ferreira, agradeço igualmente a sua disponibilidade demonstrada ao longo do desenvolvimento desta dissertação, pelas muitas vezes que me ouviu, tendo também contribuído para o término do presente trabalho;
- ao Prof. Doutor José Pacheco, Director do Departamento de Geociências, pela compreensão e facilidades concedidas na concretização deste trabalho;
- ao Prof. Doutor Rui Moreira S. Coutinho, pelo seu incentivo, amizade e contributo para o meu crescimento profissional;
- à Directora do Serviço de Recursos Hídricos (Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos), Dr.^a Dina Pacheco, pela sua constante disponibilidade na atenção prestada, assim como na cedência dos barcos utilizados na presente investigação e pela informação que se revelou fundamental relativamente às lagoas;
- à Dr. Sandra Mendes, minha antiga colega, o meu muito obrigado por toda a ajuda disponibilizada ao longo deste tempo;

- à Dr. Margarida Medeiros, por todo o interesse e ajuda demonstrados sempre que foi solicitada;
- aos Profs. António Brito e Regina Nogueira pela sua ajuda e disponibilidade manifestadas aquando a minha deslocação à Universidade do Minho.
- aos meus colegas Gilberto Martins e Daniel Ribeiro agradeço toda a ajuda disponibilizada na execução dos modelos, assim como a hospitalidade oferecida.
- à Prof. Ana Costa e Pedro Raposeiro, por toda a ajuda e amizade evidenciadas ao longo deste tempo;
- ao Artur Gil e António Medeiros pelo interesse e ajuda manifestada na procura de uma alternativa à georeferenciação a partir da base de dados construída.
- à minha colega e amiga Rita Rodrigues, um agradecimento muito especial pela disponibilidade demonstrada, pelo seu espírito de companheirismo e pelo incentivo que sempre manifestou ao longo destes anos;
- ao colega e amigo Pedro Freire, toda a ajuda dispensada no desenvolvimento dos trabalhos, nomeadamente à sua presença em muitas das campanhas realizadas;
- ao funcionário e amigo Rui Mestre, que sempre me acompanhou e ajudou em todas as saídas para o campo, de forma incansável, manifestando sempre disponibilidade e uma boa disposição em todas as situações;
- a todos os meus colegas que, de alguma forma, manifestaram a sua amizade e companheirismo;
- aos funcionários do Centro de Vulcanologia o meu obrigado pelo companheirismo, em particular à funcionária do Departamento de Geociências, Patrícia Raposo, pela atenção que sempre manifestou e sobretudo pela paciência no tratamento de questões burocráticas;
- ao grupo espeleológico Os Montanheiros, nomeadamente ao Engenheiro Paulo Barcelos, ao Sr. Fernando Pereira e principalmente ao Sr. Pardal por todas as facilidades concedidas no acesso ao lago do Algar do Carvão;

- a toda a minha família por todo o apoio, carinho e dedicação que sempre manifestaram de forma incondicional ao longo da vida;
- À minha esposa e companheira de longa data, por todo o apoio manifestado e, sobretudo, pela constante perseverança com que durante estes quatro anos esperou pelo final deste trabalho. A ela agradeço, em especial, o seu aconselhamento e compreensão nas ocasiões que foi preterida durante algumas fases deste trabalho. Também agradeço toda a ajuda na conclusão desta dissertação, destacando o seu olhar clínico na detecção dos pormenores gramaticais.
- A execução deste trabalho foi possível devido ao apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia através da bolsa de doutoramento com a referência SFRH/BD/16933/2004/S9E4

ABSTRACT

The hydrogeochemical monitoring of volcanic lakes is a recent area of study when compared with other techniques which are more commonly applied to mitigation of hazards associated to active volcanoes. The research on these surface water bodies for monitoring in volcanology results from the behaviour of lakes as condensers of volcanic fluids. Sometimes volcanic lakes even accumulate extremely acidified fluids due to condensation of these fluids.

The largest Azorean lakes are implaced inside volcanoes and some of these structures are active. The hydrogeochemical characterization of these lake waters and the study of the interaction with volcanic fluids can give a better understanding of systems. Therefore, the main objective of the present work is the characterization of volcanic lakes in the Azores and to forecast the possibility to use these aquatic systems for volcanic surveillance.

The lake locations in the vicinity of populated areas emphasize the need for a better knowledge of the systems. The recent history on the Azores, reported some volcanic eruptions that have taken place within volcanic lakes or near and these eruptive events are responsible by changes on the lakes.

In order to fulfil the main objective of this thesis several lakes were selected in São Miguel, Terceira, Graciosa, Pico, Flores and Corvo islands. At these lakes, corresponding to diverse volcanological settings, sampling was periodically made along the water column.

The water analyses were carried out at the Hydrogeochemistry laboratory of the Geosciences Department of the Azores University. Water samples from several lakes were also sent to Activation Laboratories (Canada) to determine the major, minor and trace elements content. The isotopes ^2H , ^{18}O , ^{13}C and ^{34}S was made in the Stable Isotope Laboratory of the Mineralogy and Geochemistry Institute (University of Lausanne, Switzerland). All data collected was organized in digital form to make a database that is entitle DataLake.

Specific hydrogeochemical software was used in order to proceed to data interpretation. Simulations with the model DYSREM_CAEDYM were conducted to study the behaviour of same lakes as a response to an input of a inorganic CO_2 -water rich source. The results of these simulations have contributed to understand the possibility of significant increases of CO_2 concentration in lake waters due to

volcanic fluids contamination. Therefore, the model suggests that the contribution from organic free CO₂, due to an organic matter degradation source, is not able to explain the total concentration of CO₂ in some of the studied lakes. The exceeding CO₂ can be due to interaction with volcanic fluids.

The data also suggests that water chemistry on the studied lakes is influenced by salt contamination due to atmospheric transportation. However, same lakes appear to have the influence of other chemical modifying processes, such as the water-rock interaction or even the interaction with fluids of volcanic origin.

From all the studied lakes, Furna do Enxofre (Graciosa island) shows higher concentrations in the analysed species resulting from the volcanic contamination.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento Geográfico

O Arquipélago dos Açores localiza-se no Atlântico Norte, a aproximadamente 1600 km de Portugal Continental, entre as latitudes 37°- 40° N e as longitudes 25°- 31° W, abrangendo uma superfície geográfica de 310 km de longitude por 560 km em latitude. Constituído por nove ilhas e alguns ilhéus de natureza vulcânica, ocupa uma área plana aproximada de 2332 km² e assume, de uma forma geral, uma direcção WNW-ESE. A distribuição espacial das ilhas que formam o arquipélago permitiu dividi-lo em 3 grupos. As ilhas localizadas mais a ocidente, as Flores e o Corvo, formam o Grupo Ocidental. Por sua vez, as ilhas da Terceira, da Graciosa, de São Jorge, do Pico e do Faial, constituem o Grupo Central. A ilha de Santa Maria e a ilha de São Miguel, situadas mais a ESE, formam o grupo Oriental (Fig. 1.1).

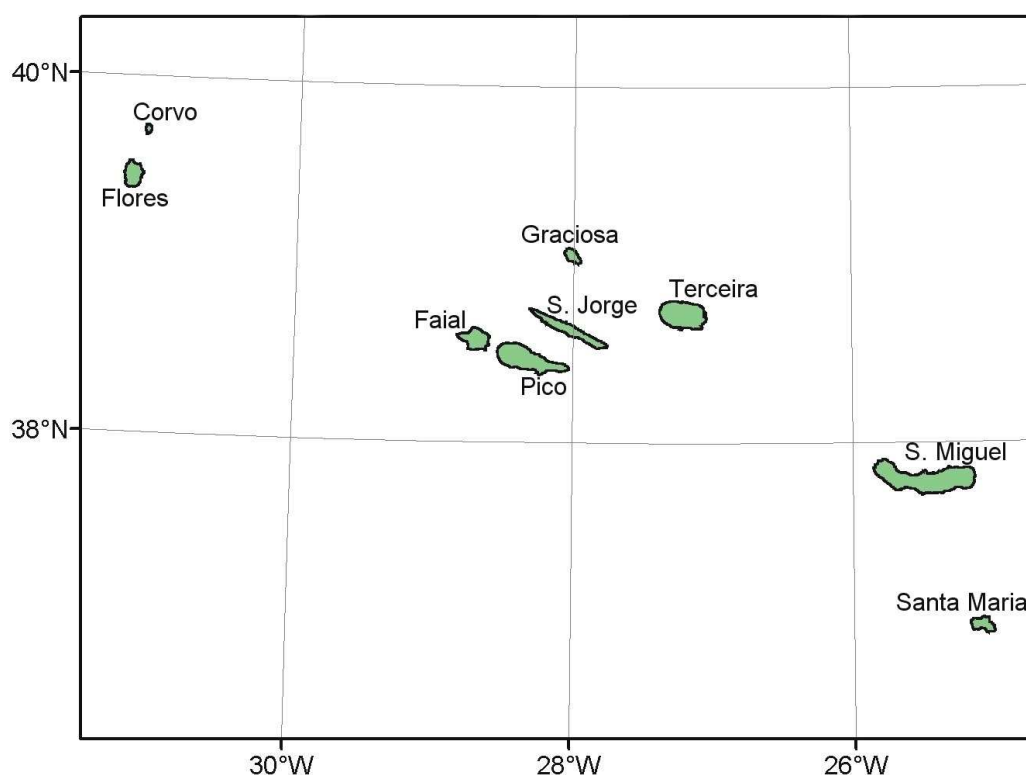


Fig. 1.1. Localização geográfica do Arquipélago dos Açores.

1.2. Enquadramento Geoestrutural

O conjunto das ilhas representa a parte emersa da designada plataforma dos Açores, estrutura irregular que compreende uma área à volta dos $5,8 \times 10^6$ km² (Ridley *et al.*, 1974), definida pela linha base batimétrica dos 2000 metros (Needham e Francheteau, 1974). Esta área situa-se na proximidade do contacto de três placas litosféricas, a Americana, a Euroasiática e a Africana, compreendendo uma série de estruturas tectónicas, cuja dinâmica é responsável pela actividade sismovulcânica registada no Arquipélago.

A Crista Médio-Atlântica, sismicamente activa, corresponde a uma estrutura distensiva pura de direcção sensivelmente N-S, que secciona a plataforma dos Açores, separando a placa Americana, para ocidente, onde se situam as ilhas das Flores e do Corvo, das restantes placas (Euroasiática e a Africana) que se localizam para Este da referida estrutura (Fig. 1.2; Krause e Watkins, 1970; Laughton e Whitmarsh, 1974; Steinmetz *et al.*, 1976; Searle, 1980).

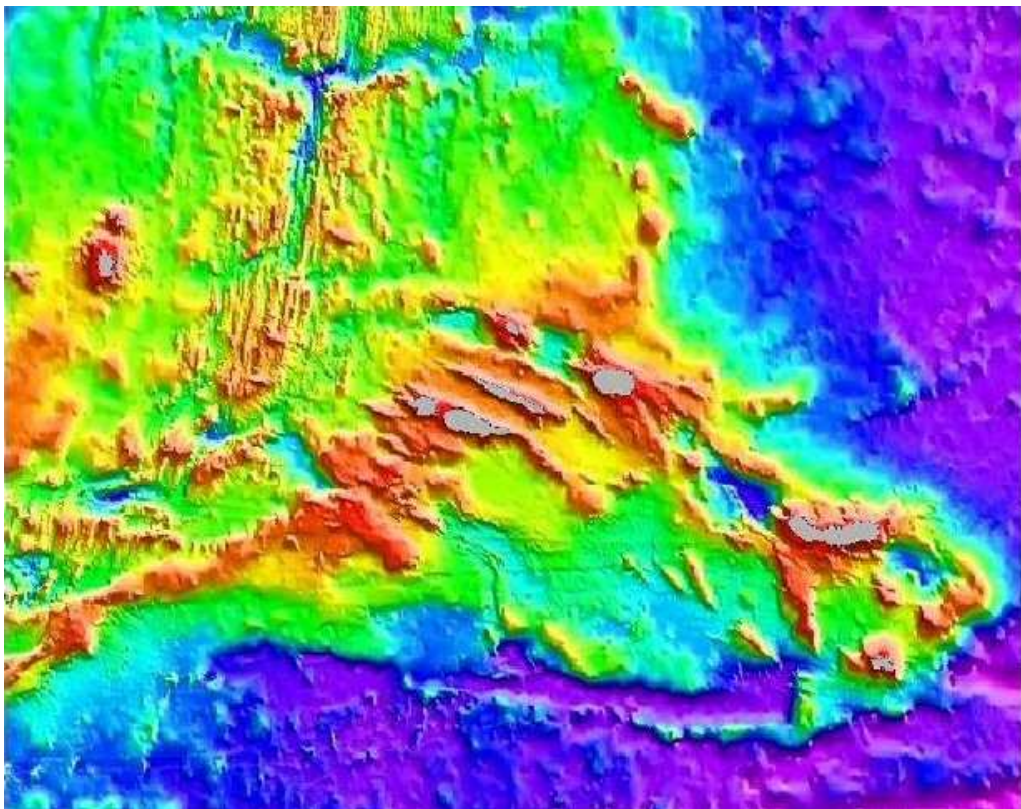


Fig. 1.2. Esquema batimétrico da designada plataforma dos Açores (adaptado de Lourenço *et al.*, 1997).

O Rifte da Terceira, estrutura de direcção geral WNW-ESE que inclui os alinhamentos Graciosa-Terceira-São Miguel, São Jorge-São Miguel e Faial-Pico-São Miguel, é caracterizado por uma intensa actividade sismovulcânica ao longo desta faixa (Agostinho, 1932; Agostinho, 1936). Além destes alinhamentos, também é constituído por uma série de bacias “*en échelon*” separadas por cristas e maciços vulcânicos (Searle, 1980).

A Sul do Arquipélago, situa-se uma estrutura de direcção geral E-W, designada por Zona de Fractura Este dos Açores (ZFEA), que se prolonga para Leste e contacta com a estrutura designada como Falha da Glória (FG), que faz a separação entre as placas Euroasiática e Africana (Laughton & Whitmarsh, 1974; Searle, 1980; Fig. 1.3).

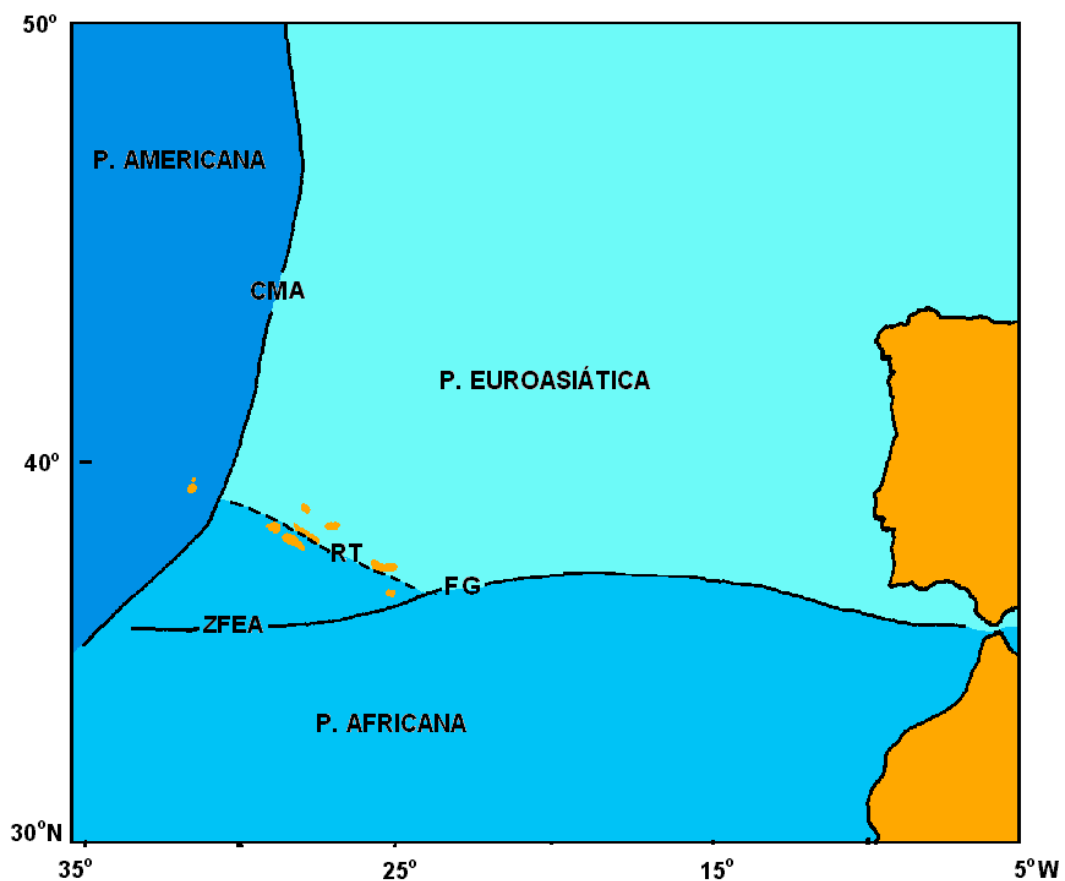


Fig. 1.3. Esquema das estruturas mais representativas da designada plataforma dos Açores.

1.3. Actividade Sísmica nos Açores

O enquadramento geotectónico da região Açores confere uma importante actividade sísmica ao longo das principais estruturas da designada plataforma dos Açores, particularmente, ao longo da Crista Média Atlântica e do Rifte da Terceira s.l. (Fig. 1.4).

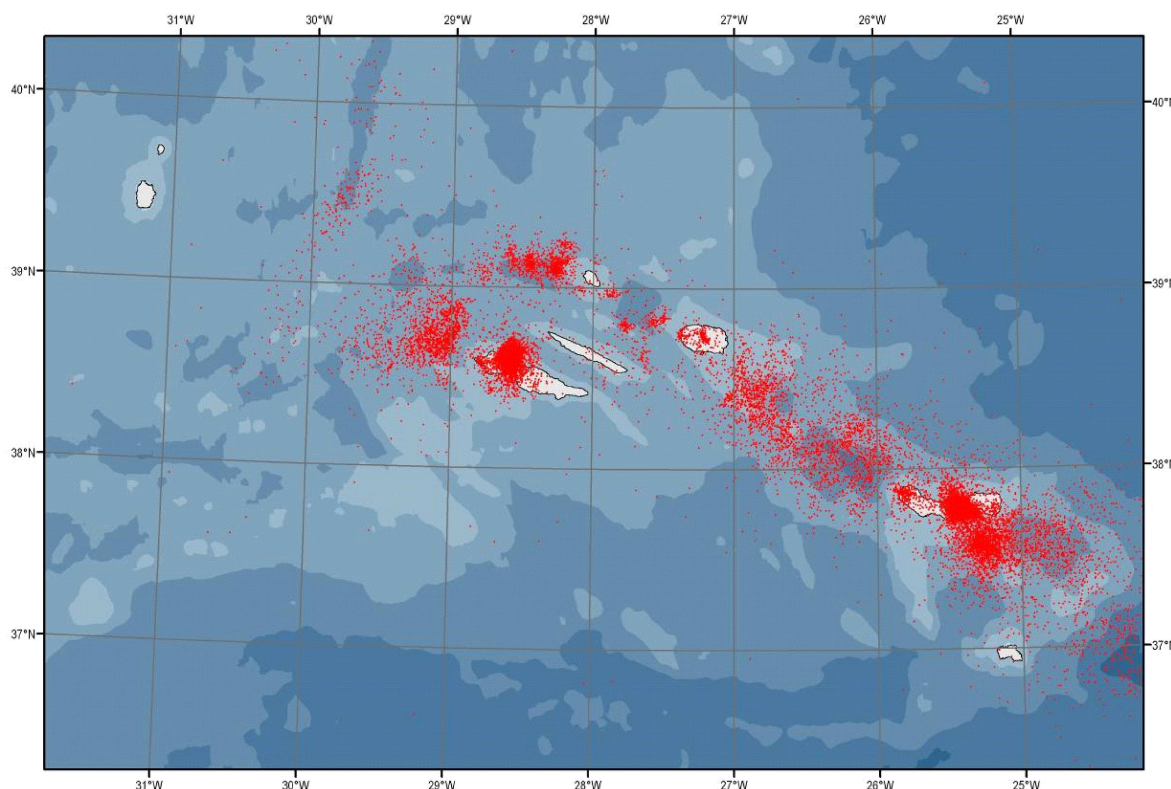


Fig. 1.4. Carta epicentral dos eventos registados entre 1980 e Junho de 2006 no Arquipélago dos Açores (SIVISA, 2006).

Ao longo da história, os Açores foram palco de catástrofes com origem em eventos sísmicos. A primeira calamidade referenciada na bibliografia e associada a este fenómeno data de 1522, tendo provocado graves danos humanos e materiais: “...após a meia noite, um monte fronteiro sobre Vila Franca do Campo, a primeira e maior vila micaelense com o maior aglomerado de gente, que ficou soterrada na quase totalidade” (in, Rosa, 1976); foi responsável pela morte de 5000 pessoas (Nogueira, 1894; Alverne, 1961; Cordeyro 1981; Frutuoso, 1981; Santos, 1989).

O sismo de 1755, que destruiu Lisboa, também teve repercussões através do(s) tsunami(s) que afectaram o arquipélago: “...com caudalosas enchentes em todas as ilhas, à mesma hora, sendo a baía da Praia da Vitória principalmente atingida com

uma vaga por terra dentro que destruiu quinze casas.” (in Rosa, 1976). Em 1776, regista-se novo tsunami na ilha Terceira, provocando estragos consideráveis na costa virada a Sul, principalmente na baía da Praia da Vitória (Drummond, 1836).

Na ilha do Faial, no final do ano de 1759 e nos primeiros meses de 1760, registou-se uma violenta crise sísmica. Novamente em 1862, a ilha do Faial é atingida por nova crise sísmica, com o aumento de intensidade a partir do dia 21 de Setembro. Esta crise persiste cerca de 3 meses, uma vez que no dia 10 de Outubro do mesmo ano *“sentiu-se um violento tremor de Terra, e bem assim outro não menos violento pelas 3 horas da manhã do dia 11 acompanhado d’um rugido surdo e cavernoso, parecendo a quem estava mais próximo da terra como um trovão subterrâneo” (in Rosa, 1976; Cunha, 1981).*

Mais recentemente, os sismos de 1980 e 1998 na Terceira e no Faial, respectivamente, provocaram uma grande destruição nestas ilhas e alguns mortos. A tabela 1.1 apresenta uma súmula dos principais eventos registados na bibliografia da época e consignados aos acontecimentos mais relevantes nos Açores, após a descoberta do Arquipélago.

Tabela 1.1. Localização e consequências inerentes aos principais eventos sísmicos no arquipélago dos Açores (adaptado de Gaspar *et al.*, 1999).

Data	Intensidade	Ilha mais afectada	Zona mais afectada	Magnitude	Consequências
1522-10-22	X	São Miguel	Vila Franca do Campo		Cerca de 5000 mortes. Grandes destruições.
1547-05-17	(?)	Terceira			Algumas mortes.
1571-05-17	VII	Terceira	Angra do Heroísmo		Destruições importantes
1591-07-26	(?)	São Miguel	Vila Franca		Grandes destruições
1614-05-24	X-XI (?)	Terceira	Praia da Vitória		Destruição quase total.
1730-06-13	IX-X (?)	Graciosa	Luz e Praia		Destruição quase total.
1757-07-09	XI	São Jorge	Calheta		Cerca de 1000 mortes. Grandes destruições.
1800-06-24	VII-VIII	Terceira	Vila Nova e S. Sebastião		Grandes destruições
1801-01-26	VIII-IX	Terceira	Cabo da Praia e Forte Bastardo		Grandes destruições
1837-01-21	IX (?)	Graciosa	Luz e Praia		Destruição quase total.
1841-06-15	IX	Terceira	Praia da Vitória		Grandes destruições.
1852-04-16	VII	São Miguel	Santana		Várias mortes.
31-08-1926	X	Faial	Horta		20 mortes, 200 feridos. Grandes destruições.
05-08-1932	VIII	São Miguel	Povoação		Vários feridos. Grandes destruições.
26-04-1935	VIII	São Miguel	Povoação		1 morto. Grandes destruições.
21-11-1937	VII	Santa Maria	Santo Espírito		
08-05-1939	VII	Santa Maria	Santo Espírito	7 Mb	
26-06-1952	VIII	São Miguel	Ribeira Quente		Grandes destruições.
13-05-1958	IX-X	Faial	Praia do Norte		Grandes destruições
21-02-1964	VIII	São Jorge	Velas		Grandes destruições.
23-11-1973	VIII	Pico	S ^o António		Grandes destruições.
01-01-1980	VII	Terceira	Angra do Heroísmo	7,2 Mb	54 mortes, 400 feridos. Grandes destruições na Terceira, Graciosa e São Jorge.
09-07-1998	VIII	Faial	Ribeirinha	5,8 Md	8 mortes e mais de uma centena de feridos. Grandes destruições no Faial e Pico.

Além destes sismos de grande intensidade descritos na bibliografia da época, o desenvolvimento da tecnologia e da investigação científica, nesta área, permite actualmente seguir com maior acuidade estas crises.

Durante os últimos eventos registados nos Açores, destaca-se a crise do Fogo, com início a 9 de Maio de 2005 e um segundo episódio com início a 20 de Setembro; a crise das Formigas com início a 5 de Abril de 2006 (dados do SIVISA), onde é detectado um grande número de sismos diários com baixa magnitude e que, na sua maioria, não são sentidos pela população da localidade afectada.

1.4. Actividade Vulcânica nos Açores

O enquadramento geodinâmico da região está na génese da própria formação do edifício insular (plataforma dos Açores), que por sua vez é responsável pela edificação das ilhas. À semelhança da actividade sísmica, a actividade vulcânica manifesta-se, preferencialmente, ao longo da Crista Médio-Atlântica e do designado Rifte da Terceira. No entanto, não se regista actividade vulcânica nas ilhas de Santa Maria, da Graciosa, das Flores e do Corvo após o povoamento das mesmas.

Estudos anteriores, que focam o tema do vulcanismo histórico, listaram 32 eventos submarinos e subaéreos desde o povoamento até ao ano de 1964 (Weston, 1964). No entanto, estudos mais recentes advogam alguma falta de coerência relacionada com os episódios vulcânicos analisados, designadamente a atribuição de erupções distintas a um mesmo evento (Madeira, 1998). Segundo Queiroz *et al.* (1995) e Queiroz (1997), os dados geológicos, nomeadamente os relacionados com a geocronologia, propõem a redução do número destes eventos de 32 para 26 erupções históricas, 14 subaéreas e as restantes no mar ao largo das ilhas, no designado Rifte da Terceira (Fig. 1.5). A este número acresce a erupção submarina que decorreu entre os anos de 1998 e 2001 a 10 km W da ilha Terceira (Gaspar *et al.*, 2003).

Como se observa na figura 1.5, excluindo a erupção de 1439/43, se agruparmos as erupções por século, ocorreram 5 erupções nos séculos XVI e XVII, 4 nos séculos XVIII e XIX e 8 eventos no século XX. O último século apresenta o maior número de erupções, ao qual não é alheio o facto de existir um maior tráfego marítimo no Arquipélago, visto que 7 destas erupções ocorreram no mar, embora algumas delas muito próximas de terra.

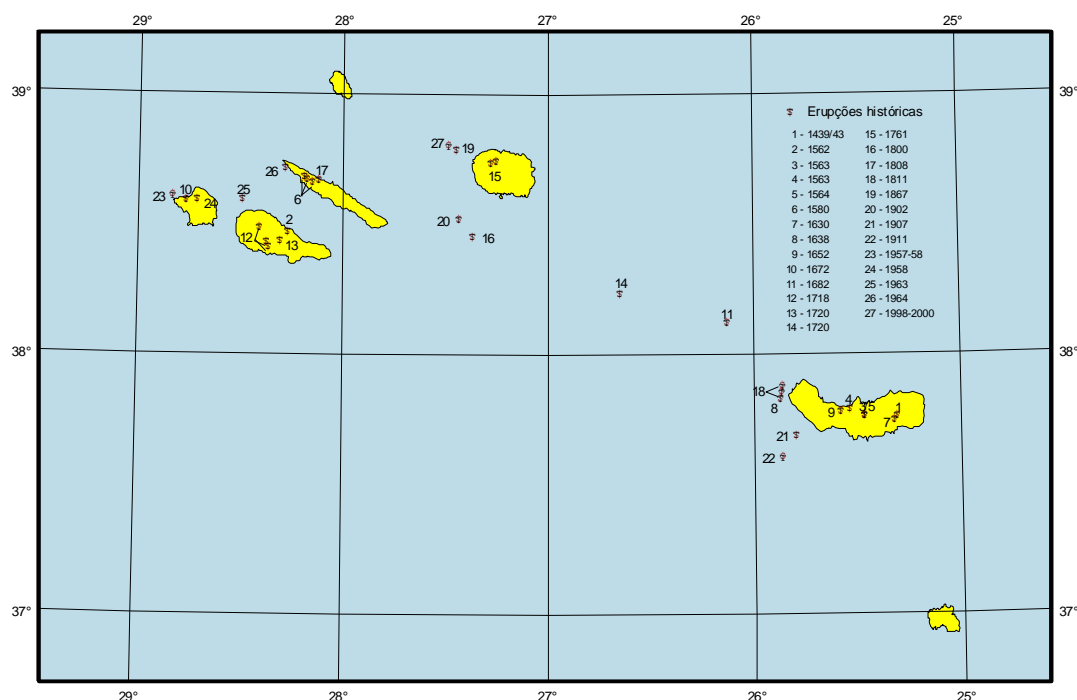


Fig. 1.5. Vulcanismo histórico registado no Arquipélago dos Açores. (adaptado de Weston, 1964, com dados de Queiroz *et al.*, 1995, Queiroz, 1997 e Gaspar *et al.*, 2003).

A ilha São Miguel é a que registou um maior número de erupções vulcânicas após o povoamento das ilhas, ainda que contabilizando as erupções que ocorreram ao largo de cada ilha. No entanto, não é possível fazer um cálculo do período de retorno destes eventos para cada ilha devido, principalmente, ao espaço temporal em que as erupções vulcânicas ocorrem em cada ilha. A exemplo, na ilha Terceira não se registou qualquer evento nos séculos XVI e XVII, enquanto em São Miguel ou ao largo da ilha, se registaram várias erupções em cada período contabilizados, com excepção do século XVIII onde não se verificou qualquer erupção tendo ocorrido apenas um evento ao largo da ilha, no século XIX. Deste modo, para uma melhor percepção da frequência destes eventos, é preferível observar o conjunto destas ocorrências num espaço temporal, uma vez que as ilhas dos Açores representam unicamente 2% de toda a Plataforma dos Açores.

Actualmente, a actividade vulcânica nos Açores expressa-se pela ocorrência de manifestações de vulcanismo secundário nalgumas ilhas como nascentes de água mineral e fumarolas, nomeadamente, em São Miguel, Terceira, Graciosa, Faial, Pico e Flores, bem como por emanações gasosas submarinas, no Banco D. João de

Castro, na Costa Sul da ilha de São Miguel e de uma forma mais difusa na costa SSW da ilha das Flores.

1.5 Os Lagos

1.5.1. Distribuição e Características dos Lagos

A água é a substância mais abundante à superfície do planeta, ocupando cerca de 70% da área. No entanto, os lagos encerram apenas 0,01% do total da água que existe na Terra, quantidade que está compreendida nos 2,7% de toda a água doce disponível no mundo (Tabela 1.2; Berner e Berner, 1996).

Se considerarmos que 2,1% da água doce se encontra sob a forma de gelo nas calotes polares e glaciares, estas massas de água, que se encontram aprisionadas em zonas deprimidas do relevo, assumem particular importância na perspectiva de colmatar as necessidades mais prementes das populações, não só para consumo doméstico, agro-pecuário e piscícola, mas também de uma forma mais abrangente na sua exploração recreativa ou industrial.

Tabela 1.2 Inventário da água na biosfera (adaptado de Berner *et al.*, 1996; Wetzel, 1993).

Reservatório	Volume (10 ⁶ Km ³)	Total (em %)
Oceanos	1370,0	97,25
Calotes polares e glaciares	29,0	2,05
Água subterrânea de superfície (< 750 m)	4,2	0,30
Água subterrânea profunda (750-4000 m)	5,3	0,38
Lagos	0,125	0,01
Rios	0,0017	0,0001
Solo	0,065	0,005
Atmosfera*	0,013	0,001
Biosfera	0,0006	0,00004
Total	1408,7	100

A maior concentração de lagos ocorre no hemisfério Norte e está relacionada com a actividade glacial do período mais recente. Os continentes da América do Norte e do continente Euro-Asiático foram preenchidos pelos movimentos dos glaciares e o avanço e recuo dos gelos criaram milhões de pequenas depressões que posteriormente foram preenchidos por água, formando numerosos sistemas lacustres por toda a zona ártica, subártica e temperada do Norte. Apesar da

maioria destes lagos apresentarem áreas e profundidades relativamente pequenas, existem algumas massas de água de origem glacial, como os grandes lagos Laurentinos e o Grande Lago Slave no Canadá, que apresentam grandes profundidades (<300 m).

Os lagos mais profundos no mundo estão relacionados com uma origem vulcanotectónica ou estão associados a fiordes primitivos que posteriormente se transformaram em água doce. Existem cerca de 20 lagos muito fundos (>400 m) dispersos pelas regiões montanhosas da Europa, ao longo da região ocidental da América do Norte e do Sul e nas zonas montanhosas da África Central e da Ásia. Os únicos lagos que se conhecem com profundidade máxima superior a 1000 m, e profundidade média superior a 500 m, são o Lago Tanganica, na África, e o Lago Baikal, na Ásia. Este último, com origem vulcanotectónica e localizado na Sibéria, é o lago mais fundo do mundo (Profundidade máxima = 1620 m; Média = 740 m) e encerra, aproximadamente, 20% de toda a água doce dos lagos que existe no mundo (Área = 31500 km²; Volume armazenado = 23000 km³, Wetzel, 1993).

1.5.2 A Problemática da Qualidade da Água

Ao longo da história, a qualidade e quantidade de água disponível para a humanidade sempre foi fundamental no bem-estar das civilizações. A sua má qualidade está associada como factor de transmissão de doenças, nomeadamente, da cólera e da febre tifóide, em que o meio de transmissão continua a ser efectuado através desta substância nos países em vias de desenvolvimento.

Estudos recentes apontam no sentido de que o rápido aumento da população mundial e, consequentemente, da melhoria da sua qualidade de vida, exigirão maiores recursos de água doce, não apenas para satisfação das suas necessidades básicas (para consumo, cozinhar, lavagens), como será necessário irrigar maiores áreas de produção agrícola e de um maior consumo por parte da indústria, contribuindo deste modo para a degradação da qualidade da água doce no mundo. Uma vez que o desenvolvimento das populações e a utilização da água se processa de uma forma exponencial, a pressão sobre este recurso limitado poderá ser apenas aumentado ligeiramente através da dessalinização da água do mar (Wetzel, 1993; Farmer *et al.*, 1999).

Na Europa, a água subterrânea abastece 65% da população, recurso sobreexplorado à volta de 60% nos grandes centros urbanos e industriais e que está ameaçado por diferentes poluentes e pela salinização (Fig. 1.6; Scheidleder *et al.*, 1999).

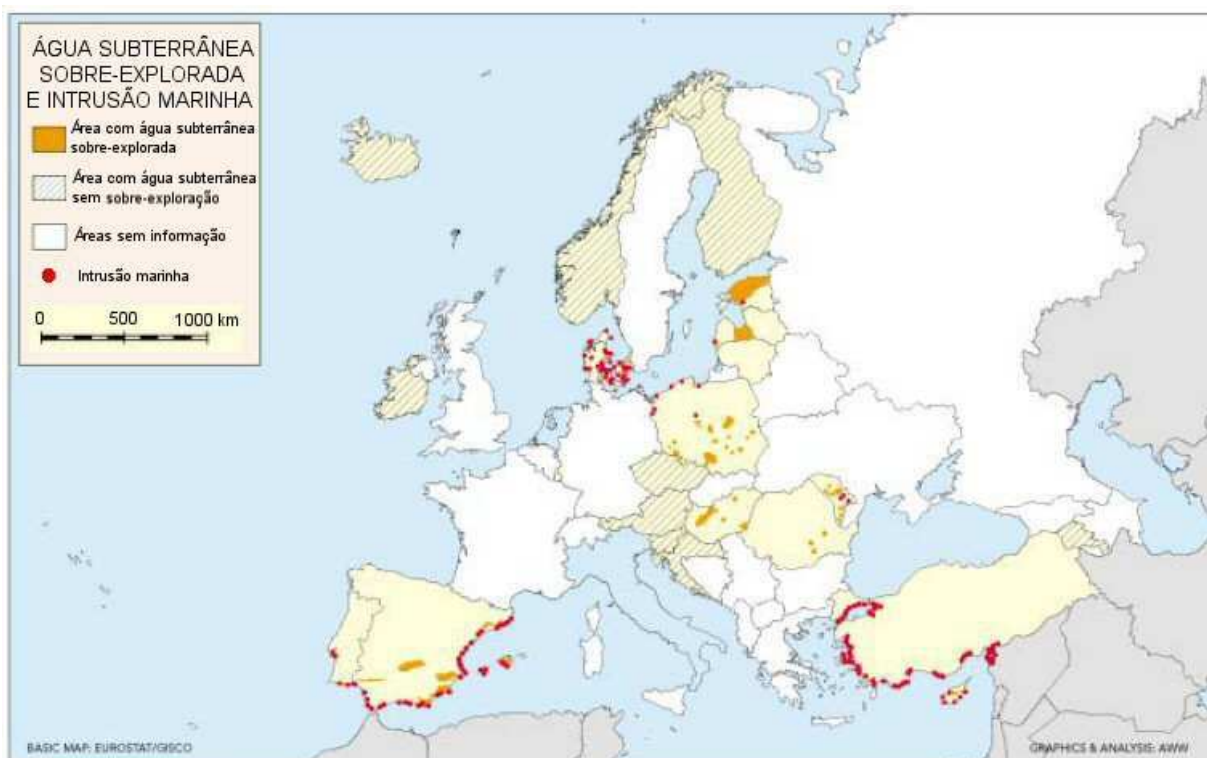


Fig. 1.6. Esquema representativo das áreas da Europa onde ocorre sobreexploração da água subterrânea e intrusão salina. (adaptado de Scheidleder *et al.*, 1999).

A concentração total de pesticidas na água do solo, em alguns países europeus, excede à volta dos 60 a 75% a concentração padrão definida pela União Europeia ($0,5 \mu\text{g/l}$) nas áreas agrícolas. Também a eutrofização dos rios e lagos, devido principalmente ao excesso de azoto e fósforo provenientes dos afluentes da agricultura e dos resíduos domésticos e industriais, é um problema que de uma forma geral está presente em todos os países europeus. Deste modo, a água para consumo humano na Europa encontra-se, de uma forma geral, sob ameaça de agentes patogénicos, matéria orgânica, salinização, nitratos, fosfatos, pesticidas, acidificação, metais pesados e radioactividade e, apesar dos países do Norte da Europa (Noruega, Suécia e Finlândia) apresentarem recursos hídricos de melhor qualidade, não deixam de estar ameaçados pela acidificação da água (Farmer *et al.*, 1999; Scheidleder *et al.*, 1999).

Este processo tem conduzido à degradação da qualidade e diminuído a quantidade da água em muitas dos aquíferos na Europa (Scheidleder *et al.*, 1999).

Deste modo, devido ao enquadramento actual relativo aos estudos mais recentes acerca da qualidade, disponibilidade e pressão sobre este recurso natural, nomeadamente, na Europa, podemos encarar os lagos como reservas estratégicas de água doce.

1.5.3. Processos Hidrogeoquímicos em Lagos

A maioria dos lagos, nomeadamente os que se localizam nas regiões temperadas, encerra de uma forma geral água natural. A sua qualidade é influenciada pela morfologia, pelo substrato geológico e por outras interações que ocorrem nestes sistemas dinâmicos, principalmente, pelas entradas de água através dos rios, da água subterrânea e da precipitação, e da sua saída, quer seja pela evaporação, quer seja pela drenagem lateral ou em profundidade. Deste modo, o tempo de renovação da água nestes sistemas é constante, contribuindo para a sua baixa mineralização (Wetzel, 1993).

No entanto, a especificidade de cada lago contribui para a diversificação da qualidade da água que os lagos apresentam. Os lagos situados em zonas mais áridas poderão ter uma renovação da água mais prolongada, devido à sua perda ser efectuada unicamente através da evaporação, e o caso particular dos lagos situados em formas de relevo cársico que são naturalmente permeáveis, permitindo uma renovação da água mais rápida (Berner e Berner, 1996).

Todavia, existe uma infinita variabilidade de factores biológicos que contribuem de forma acentuada na diversidade de cada um destes sistemas, assim como a interacção água/sedimento. A actividade dos organismos nos sistemas aquáticos induz uma dinâmica na transformação de energia e matéria e, conseqüentemente, um impacto significativo na qualidade ambiental dos biotas (Lampert *et al.*, 2007).

Apesar dos lagos apresentarem diferentes comunidades bióticas, de uma forma geral, a qualidade da água numa perspectiva físico-química tende a ser semelhante, excluindo, evidentemente, as variáveis que poderão diferenciar o quimismo destas águas de uma forma extrema, como o substrato geológico, a sua localização e as entradas que ocorrem nestes sistemas.

Contudo, quando os lagos são perturbados pela acção antropogénica, a produção biológica destes sistemas normalmente é alterada, tendendo para um estado eutrófico.

A eutrofização de um lago é um processo que poderá ocorrer naturalmente com a acumulação de matéria orgânica no fundo e consequente diminuição do volume de água, processo que ocorre durante um longo período de tempo e que poderá ser medido à escala geológica. Porém, o homem tem acelerado grandemente este processo através do enriquecimento artificial de nutrientes nestes reservatórios ou também com a adição de material orgânico. A eutrofização destes sistemas, como já referido anteriormente, resulta na maior produtividade biológica dos lagos, que de uma forma geral se traduz no aumento da concentração de nutrientes, e naturalmente numa maior produção de algas e consequente aumento de matéria orgânica no fundo do lago (Berner e Berner, 1996).

A nível da qualidade da água, esta perde a sua transparência, torna-se turva e mais escura retendo maior índice de calor à superfície que associado às reacções biológicas, contribui para o aumento do pH à superfície dos lagos e para um ambiente anóxico no seu fundo.

Nos lagos, muito produtivos biologicamente e que se encontram localizados em regiões temperadas, no Verão ocorre a estratificação da água do lago devido às diferenças de densidade decorrentes do gradiente de temperatura. Este facto contribui para o esgotamento do oxigénio no fundo do lago, conduzindo à modificação da condição de oxidação da água para um estado redutor. Este novo ambiente permite a remobilização dos nutrientes e dos metais que se encontram aprisionados no sedimento para a coluna de água e consequentemente disponíveis para o ciclo hidrológico (Farmer *et al.*, 1999).

1.6. Objectivos da Dissertação

O interesse no estudo dos lagos vulcânicos, locais onde ocorre, por vezes, a interacção de fluidos de natureza magmática ou a mistura com águas termais onde poderá existir a acumulação de fluidos extremamente acidificados, ganhou uma especial atenção após a catástrofe ocorrida com a libertação de CO₂ a partir dos lagos Monoun (1984) e, principalmente, no lago Nyos (1986), nos Camarões.

A contribuição da hidrogeoquímica, nomeadamente, aplicada nos lagos vulcânicos para a vigilância vulcânica é uma área de estudo recente. Com efeito, o estudo destas massas de água, quando em contacto com fluidos de origem magmática, permite um melhor conhecimento destes sistemas vulcânicos. Esta área de estudo é mais um meio que se coloca à disposição da vigilância vulcânica.

1.7. Estrutura da dissertação

No arquipélago dos Açores existem numerosos sistemas aquáticos com implicações a nível da mitigação de riscos naturais e do ambiente em geral. A proximidade de núcleos populacionais acentua a necessidade de um melhor conhecimento destes sistemas.

O desenvolvimento da presente dissertação aborda a necessidade de um conhecimento mais profundo acerca da caracterização geomorfológica, vulcanológica e hidrogeoquímica dos lagos vulcânicos dos açores. Pretende-se contribuir para um melhor conhecimento entre a interacção dos sistemas lacustres e o vulcanismo dos Açores numa perspectiva da mitigação de riscos naturais, com o estudo hidrogeoquímico destas massas de água. Também os dados recolhidos ao longo do trabalho desenvolvido integrarão uma bases de dados regional no sentido da monitorização dos sistemas vulcânicos activos.

A estrutura da presente dissertação está dividida em 8 capítulos. No primeiro faz-se uma breve introdução ao enquadramento geográfico e geológico da região, o segundo capítulo diz respeito aos sistemas lacustres em regiões vulcânicas e terceiro capítulo localiza-se os lagos estudados e estruturas geológicas associadas aos lagos.

No quarto capítulo desenvolve-se o tema central da dissertação, o estudo hidrogeoquímico dos lagos vulcânicos na região dos Açores.

No quinto capítulo, efectua-se uma simulação, com recurso a um programa de modelação de sistemas lacustres, em relação à entrada de um caudal específico de água concentrada em dióxido de carbono inorgânico.

Posteriormente, no sexto capítulo aborda-se o tema da monitorização vulcânica.

No capítulo 7 tecem-se algumas conclusões em relação aos resultados da dissertação e no final, capítulo 8, apresenta-se toda a bibliografia consultada ao longo deste trabalho.

1.8. Metodologia

A primeira fase deste projecto teve início com a pesquisa e recolha de elementos bibliográficos relativos aos lagos vulcânicos dos Açores, incidindo sobre os acervos históricos e a literatura científica, nomeadamente no que concerne ao enquadramento geomorfológico e vulcanológico. Para se enquadrar a temática do presente trabalho no contexto vulcanológico actual, também se procedeu à recolha de elementos bibliográficos relativos aos lagos vulcânicos do mundo.

Na fase seguinte e tal como foi delineado no plano de trabalhos, procedeu-se ao levantamento de campo nas ilhas de São Miguel, Terceira, Graciosa, Pico, Flores e Corvo que foi condicionado pela crise sísmica de 2005. Inicialmente estavam previstas amostragens trimestrais nos sistemas lacustres ao longo da coluna de água, mas devida aquela ocorrência sísmica, o número de amostragens efectuadas aumentou nos lagos vulcânicos do Congro e Fogo, pelo que foi decidido aumentar a malha de amostragem nos outros lagos da ilha de São Miguel. A metodologia empregue quer no campo, quer no laboratório, será discutida mais detalhadamente no capítulo 4 (Hidrogeoquímica).

Os dados analíticos determinados no Laboratório de Hidrogeoquímica da Universidade dos Açores serviram para construir a base de dados que é apresentada em anexo na forma de CD-ROM e que integrará o sistema AZORIS, a base de dados para a avaliação de riscos geológicos na Universidade dos Açores, que se encontra em desenvolvimento no Centro de Vulcanologia.

Foram igualmente efectuadas análises isotópicas de ^{18}O , ^2H , ^{13}C e ^{34}S , nas lagoas estudadas nas ilhas de São Miguel, Terceira e Graciosa.

As fácies hidrogeoquímicas foram determinadas com recurso ao programa informático AquaChem (Waterloo Hydrogeologic, 1999).

Também foram efectuados cálculos de especiação e determinação do estado de equilíbrio a um conjunto de minerais seleccionados, recorrendo-se, para o efeito, ao software de modelação hidrogeoquímica WATEQ4F (Ball e Nordstrom, 1991).

Posteriormente, foi efectuada uma simulação do *input* de uma nascente de água com uma concentração elevada em dióxido de carbono, com o objectivo de se compreender a reacção dos lagos perante o input significativo de CO_2 no lago. Para tal, utilizou-se o programa informático DYRESM-CAEDYM (Hipsey, 2006).

A análise multivariada efectuada com base nos resultados obtidos nos lagos estudados foi realizada com recurso ao programa informático PRIMER (Clarke e Warwick, 2001).

2. SISTEMAS LACUSTRES VULCÂNICOS

2.1. Distribuição e génese dos sistemas lacustres vulcânicos

Dos 714 vulcões inventariados desde o holocénio, 16% possuem lagos no interior das suas crateras (Delmelle *et al.*, 2000). Todavia, o número exacto varia devido ao carácter efémero dos lagos localizados no interior dos vulcões activos. De uma forma geral, estes lagos estão presentes em todo o mundo, mas concentram-se particularmente nas zonas onde existem arcos vulcânicos (Pasternack e Varekamp, 1997; Delmelle e Bernard, 2000). Naturalmente, o designado Anel do Fogo, área que apresenta a maior concentração de vulcões activos do mundo, apresenta o maior número destes sistemas aquáticos. Noutras zonas do globo, entre a fronteira de placas, também ocorre a concentração de vulcões activos, mas a uma menor escala, relativamente ao Anel do Fogo, ao longo da Crista Média Atlântica (Islândia, Açores e Canárias), na zona Norte do Mediterrâneo Central e no designado corno de África (África Oriental; Delmelle *et al.*, 2000).

A génese destas bacias poderá ocorrer de diversas formas. De um modo geral, as depressões e cavidades formam-se à medida que os materiais vulcânicos são ejectados e geram um vazio, podendo também o magma libertado, uma vez arrefecido, formar depressões. Também o colapso dos tectos dos tubos lávicos quando arrefecidos, poderão, mais tarde, vir a aprisionar água se estas depressões não possuírem drenagem. No entanto, é mais frequente a génese de lagos formados em depressões criadas pela ejeção violenta de magma originando crateras de explosão, como por exemplo os *maars* e as caldeiras. Contudo, a morfologia destes lagos varia consoante o tipo de erupção que lhes dá origem (Timms, 1992; Wetzel, 1993).

Os lagos associados a cones de escória (vulcanismo monogenético) normalmente surgem quando ocorre a impermeabilização do fundo da cratera. Estes edifícios vulcânicos são estruturas que apresentam boa drenagem da água devido a serem constituídos por escórias emitidas pelo vulcanismo do tipo estromboliano. Deste modo, a impermeabilização do fundo destas estruturas está muitas vezes associada aos processos erosivos. Os lagos que ocupam o fundo destes cones, na sua generalidade, apresentam uma área superficial e profundidades muito reduzidas (Fig. 2.1).

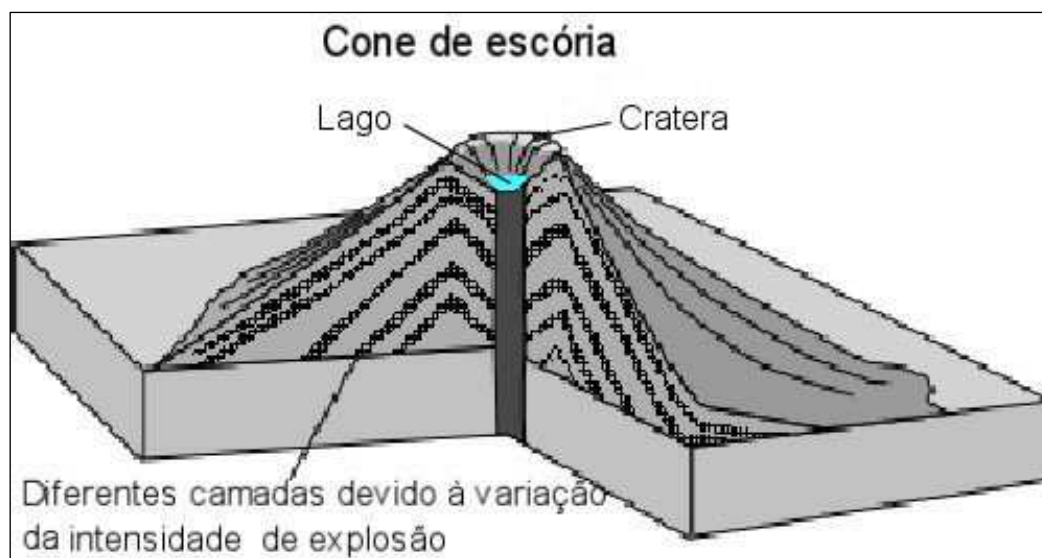


Fig. 2.1. Esquema representativo de um cone de escórias (adaptado de Nelson, 2004).

Os cones de escórias são o tipo de vulcão mais comum no mundo. A sua morfologia depende de inúmeros factores, particularmente, do volume do material emitido, do seu alcance e da velocidade média de ejeção, da velocidade e direcção do vento, da natureza e dimensão dos piroclastos, da geometria da cratera de ejeção, entre outros. Apesar de poder apresentar uma infinidade de configurações, *grosso modo*, os cones de escória apresentam um diâmetro basal que varia entre os 0,25 e os 2,5 km (média = 0,8 km) e uma altura que poderá ter poucos metros e que chega aos 424 m. Na sua generalidade, apresentam pequenos volumes de material piroclástico, de natureza basáltica a andesítica, emitido pelas erupções do tipo estrombolianas. (Vespermann *et al.*, 2000).

Os lagos localizados em *maars* normalmente possuem maior volume de água relativamente aos situados nos cones de escória. Estes sistemas aquáticos também podem apresentar pequenas áreas superficiais, mas geralmente são os mais fundos, com profundidades que podem ultrapassar os 100 m (Wetzel, 1993).

Os *Maars* são estruturas vulcânicas que resultam de erupções hidromagmáticas, isto é, quando ocorre o contacto entre o magma e a água de superfície ou subterrânea. Normalmente apresentam crateras com uma forma circular relativamente bem definida, com os flancos dos cones pouco espessos e que diminuem rapidamente de espessura no sentido oposto da cratera e, geralmente,

com um ângulo de inclinação inferior a 25% (Fig. 2.2). Uma característica particular destes depósitos assenta no facto de serem formados essencialmente por material não juvenil.

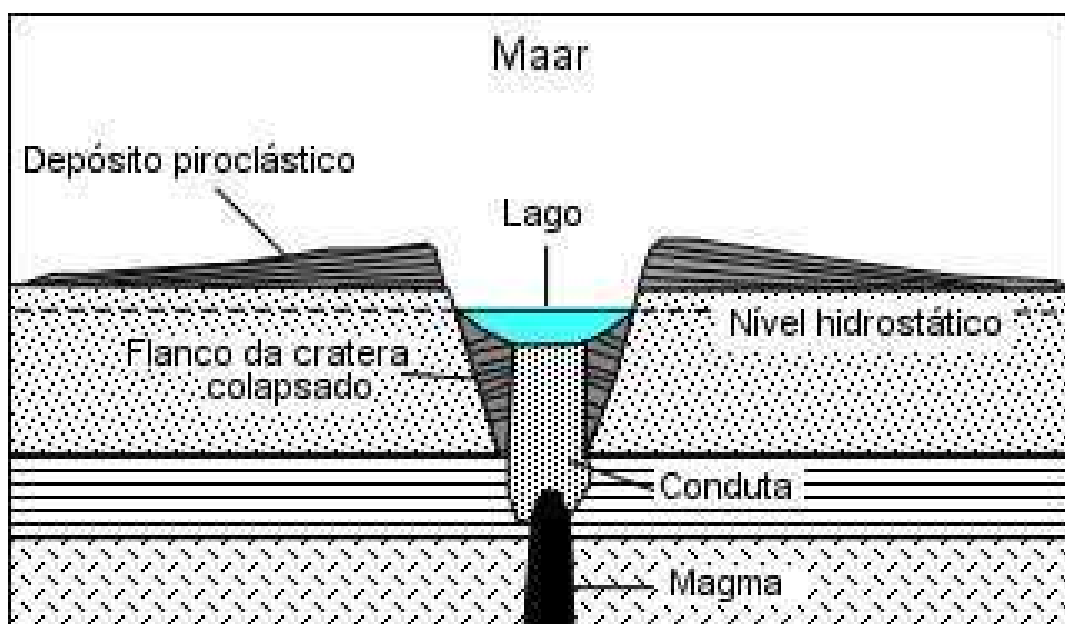


Fig. 2.2. Esquema representativo de um *Maar* (adaptado de Nelson, 2004).

Este tipo de estrutura ocorre quando o magma ascende, aquece a água de um aquífero ou entra em contacto com a própria água do sistema subterrâneo, promovendo a evaporação e consequente aumento de pressão no sistema. Deste modo, quando a pressão do sistema é superior à rocha subjacente ocorre a erupção com a fragmentação da rocha pré-existente e de algum material juvenil, formando os flancos de tefra característicos destas estruturas. As paredes da cratera são praticamente verticais e por vezes porções destas paredes poderão colapsar para o interior da cratera, que no entanto poderá manter uma profundidade considerável, sendo a cratera posteriormente preenchida com água, normalmente, coincidindo com o nível hidrostático formando um lago (Vespermann *et al.*, 2000; Nelson, 2004).

Os lagos situados no interior de caldeiras de colapso, comumente, são os que encerram maior volume de água. Apesar de na sua generalidade não apresentarem grandes profundidades, são os que ostentam maiores áreas superficiais.

As caldeiras apresentam uma cratera de colapso mais ou menos com uma forma circular a elipsoidal, com um diâmetro que poderá variar entre 1 e 80 km (Fig. 2.3). As caldeiras classificadas como pequenas apresentam um diâmetro inferior a 5 km e normalmente estão associadas a escoamentos lávicos do tipo basáltico ou andesítico. As caldeiras que apresentam grandes dimensões vulgarmente estão associadas ao vulcanismo de maior explosividade (subpliniano ou pliniano). De uma forma geral, o diâmetro da caldeira de um vulcão aumenta proporcionalmente ao volume de material ejectado (Vespermann *et al.*, 2000; Nelson, 2004).

Após a fase eruptiva, as caldeiras recebem água meteórica permitindo a formação de lagos que ocupam grande parte do fundo destas estruturas.

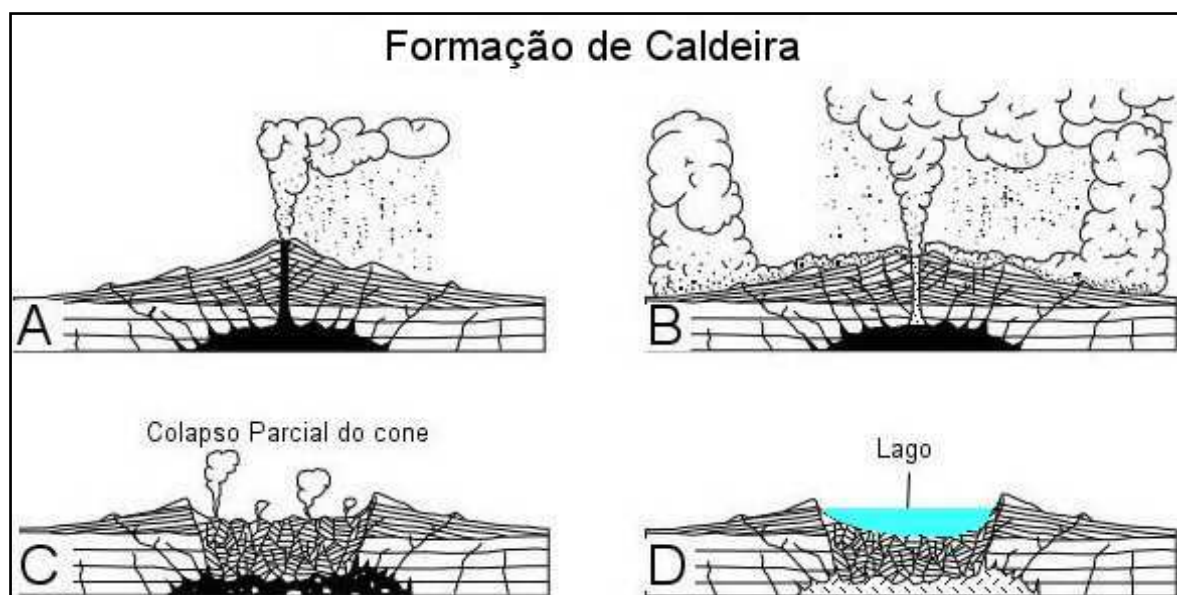


Fig. 2.3. Esquema interpretativo da formação de uma caldeira, representando o início da erupção vulcânica (A) com uma fase de ejeção de material de forma violenta e resulta no esvaziamento da câmara magmática (B). Posteriormente, ocorre o colapso de parte da estrutura, devido à falta de sustentação (C) e no final a formação de um lago pela acumulação da água meteórica (D) (adaptado de Nelson, 2004).

2.2. Actividade Vulcânica Associada a Lagos

Dos 714 vulcões inventariados, desde o holocénico, pelo *Catálogo dos Vulcões Activos no Mundo* (CAVW), 16% possuem lagos. Estes lagos estão presentes, de uma forma geral, em todo o planeta, incidindo uma maior percentagem onde existem arcos vulcânicos. No entanto, o seu número exacto varia ao longo do tempo, devido,

essencialmente, à própria génese destes sistemas aquáticos (Delmelle e Bernard, 2000).

Os lagos localizados em vulcões activos, normalmente, diferenciam-se dos sistemas lacustres não relacionados com sistemas activos, devido a apresentarem algum tipo de interacção com fluidos de origem magmática. Assim, estas massas de água poderão apresentar uma larga variação no que concerne à qualidade da água que poderá existir nos diferentes sistemas vulcânicos no mundo. Segundo Delmelle e Bernard (2000), Varekamp *et al.* (2000) e Marini *et al.* (2003), os lagos vulcânicos poderão evidenciar diversas temperaturas da água, diferentes concentrações de sólidos dissolvidos totais e processos de contaminação da água através de compostos que contribuem para a acidificação dos sistemas (CO_2 , S, HCl, HF e H_2SO_4). Consequentemente, os processos físicos e geoquímicos que controlam a qualidade da água destes lagos servem de base aos diversos sistemas de classificação dos lagos vulcânicos.

2.2.1. Interacção Água/Magmas

Das 7900 erupções que se registaram na Terra desde 8000 A.C., cerca de 610 localizaram-se em lagos vulcânicos ou no meio marinho (Simkin e Siebert, 1994 *in* Mastin e Witter, 2000).

As erupções que ocorreram na presença de água, em Soufrière, na ilha de São Vicente (1971-72), não produziram nenhum daqueles fenómenos. No entanto, a erupção que ocorreu no ano de 1979, no mesmo local, deu origem a violentas explosões associadas a *base surges* (Mastin e Witter, 2000).

Quando o magma entra em contacto com estas massas de água durante uma erupção vulcânica, provoca, usualmente, grandes explosões hidrovulcânicas, queda de *lapilli* ou cinzas, *base surges*, *lahars*, inundações, tsunamis ou relâmpagos durante a fase convectiva da coluna de cinzas, os quais não são produzidos na ausência destas massas de água externas. É de salientar que a presença de água não implica a ocorrência obrigatória dos fenómenos atrás referidos (Mastin e Witter, 2000).

Segundo Sparks *et al.* (1997) e Zhang (2000), é a interacção do magma com a água, quer subterrânea, quer de lagos ou do mar, que origina um vulcanismo muito

explosivo. Os magmas são considerados uma grande fonte de energia térmica devido à excepcional capacidade de gerar calor, rondando os 700-1250°C. Um quilograma de magma contém 1.6×10^6 J de energia e a água à temperatura de 0°C, quando aquecida a 1000°C para um volume constante, gera uma pressão de 500 MPa. Assim, o magma ao ascender, quando entra em contacto com a água perto da superfície, gera uma rápida conversão da água em vapor, contribuindo para um aumento de pressão no sistema, aumento esse que dá origem a explosões de grande intensidade. As condições em que ocorre esta actividade explosiva gerada pela interacção magma-água são complexas e não estão totalmente compreendidas.

Este tipo de erupção vulcânica proporciona desafios problemáticos, tanto aos cientistas como às entidades oficiais responsáveis pela gestão destas crises, uma vez que ambos trabalham no sentido de se tentarem antecipar às situações de perigo resultantes deste tipo de eventos. Este tipo de erupções está concentrado em certas áreas geográficas como se pode observar na figura 2.4. Também é de salientar que, apesar de se terem registado numerosos eventos em lagos vulcânicos, estes ocorreram em poucos vulcões no mundo, como se pode verificar na Tabela 2.1.

Das 530 erupções em que houve interacção magma-água registadas por Mastin e Witter (2000), cerca de 52% ocorreram em lagos vulcânicos, tendo as restantes ocorrido no mar. Após uma destas erupções, há sempre a possibilidade de se formarem novos lagos vulcânicos. No entanto, devido ao estabelecimento de povoações na proximidade dos vulcões, estes representam um grande perigo, principalmente quando se encontram em períodos de actividade.

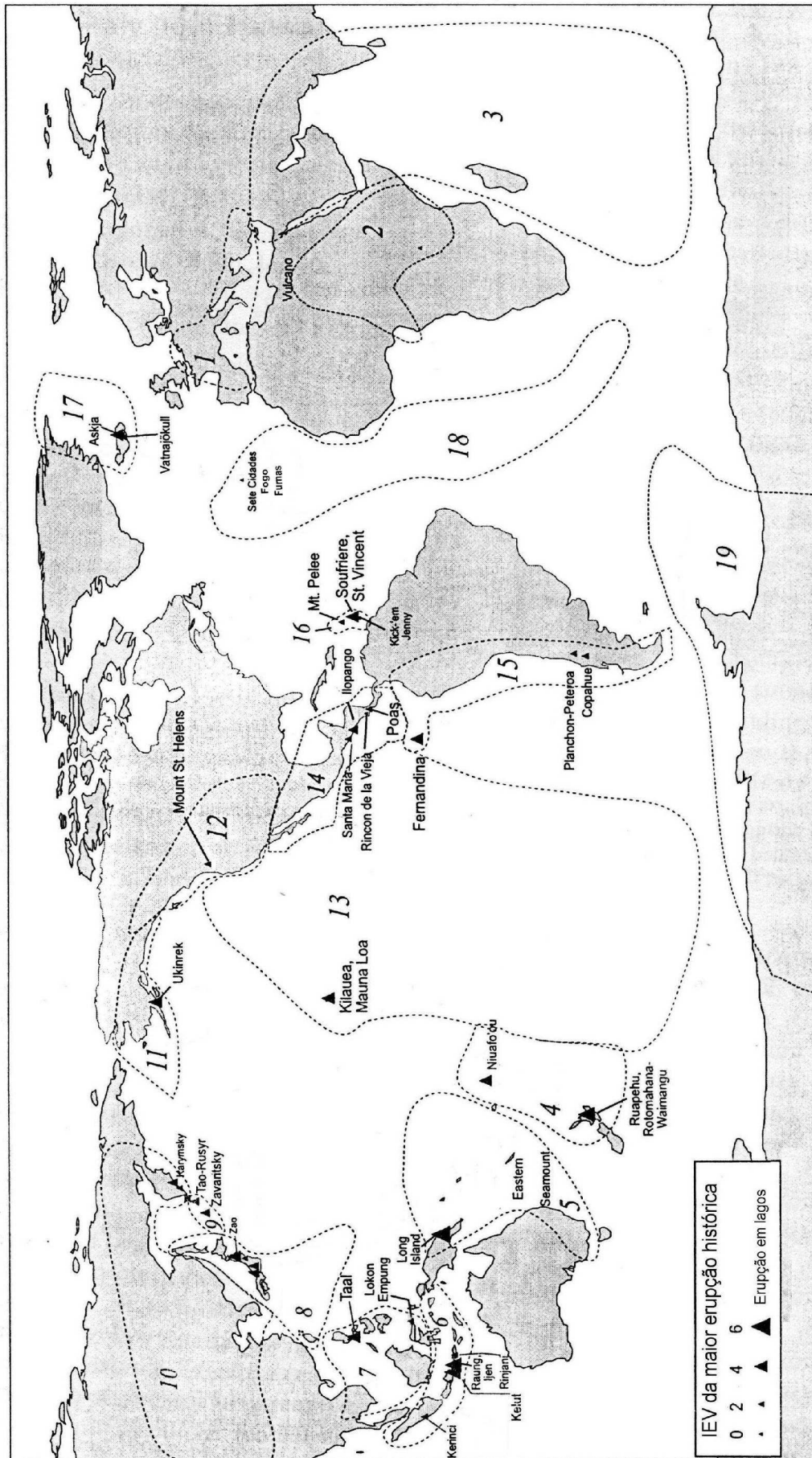


Fig. 2.4. Localização das erupções vulcânicas que ocorreram em lagos vulcânicos durante o período histórico. As áreas numeradas e delimitadas pelo tracejado são as que constam do *catálogo dos vulcões ativos no mundo*. A dimensão de cada símbolo utilizado é proporcional à da maior erupção medida pelo Índice de Explosividade Vulcânica (IEV) de Newhall e Self (1982). (adaptado de Mastin e Witter 2000). As eventuais erupções das Sete Cidades, do Fogo e das Furnas não apresentam correspondência simbólica com o IEV.

Tabela 2.1. Erupções vulcânicas históricas ocorridas em lagos vulcânicos (adaptado de Mastin e Witter, 2000).

Designação do Vulcão	Região ou País	Ano	Número de Eventos
Nyamuragira	Zaire	1920	1
Tarawera	Nova Zelândia	1886	1
Ruapehu	Nova Zelândia	1889 - 1996	50
Niufou	Tonga-SW	1814 - 1985	3
Long Island	Papua Nova Guiné	1660 - 1993	8
Rabaul	Papua Nova Guiné	1940	1
Kerinci	Sumatra	1937	1
Kaba	Sumatra	1833	1
Dempo	Sumatra	1905 - 1939	6
Anak Krakatau	Indonésia	1931 - 1959	16
Dieng	Java	1986	1
Kelut	Java	1586 - 1990	21
Tenger Caldera	Java	1842	1
Raung	Java	1593 - 1838	6
Ijen	Java	1796 - 1993	6
Rinjani	Lesser Sunda Is	1944 - 1994	2
Lokon-Empung	Sulawesi-Indonésia	1969 - 1986	2
Mahawu	Sulawesi-Indonésia	1977	1
Tongkoko	Sulawesi-Indonésia	1801	1
Taal	Luzon-Filipinas	1716 - 1965	9
Pinatubo	Luzon-Filipinas	1992	1
Kirishima	Kyushu-Japão	1716 - 1959	3
Aso	Kyushu-Japão	864 - 1992	47
Haku-San	Honshu-Japão	1579	1
Kusatsu-Shirane	Honshu-Japão	1882	6
Zao	Honshu-Japão	1831 - 1940	9
Towada	Honshu-Japão	1050	1
Tao-Rusvr	Ilhas Curilas	1952	1
Ebeko	Ilhas Curilas	1967 - 1987	2
Zavaritzki	Ilhas Curilas	1957	1
Gorely	Kamchatka	1984	1
Karymsky	Kamchatka	1996	1
Ukinrek	Alasca (USA)	1977	1
Mount St. Helens	USA	1980	1
Kilauea	Havai	1790	1
Santa Maria	Guatemala	1903	1
San Salvador	El Salvador	1917	1
Ilopango	El Salvador	1879	1
Rincon de la Vieja	Costa Rica	1983 - 1995	10
Paos	Costa Rica	1828 - 1992	37
Fernandina	Galapagos	1968	1
Planchon-Peteroa	Chile	1991	1
Copahue	Chile	1992	1
Pelee	Índias-W	1902	1
Soufrière St. Vincent	Índias-W	1812 - 1979	6
Grimsvötn	Islândia-NE	1983 - 1996	2
Askja	Islândia-NE	1875 - 1926	2

2.2.2. Catástrofes Associadas ao Vulcanismo Hidromagnético

O interesse por esta área de estudo não se limita apenas aos factores atrás referidos, uma vez que uma possível crise vulcânica associada a um destes ambientes muito particulares poderá relacionar-se com outras catástrofes naturais, nomeadamente quando estas massas de água são libertadas, formando grandes e destrutivos *lahars*.

Segundo Crandel (1971 *in* Blong, 1984), o termo *lahar* é aplicado, de um modo geral, a “uma corrente de lama contendo material rochoso de dimensão muito reduzida que poderá atingir a dimensão de blocos, em que o material é de origem predominantemente vulcânica” formando depósitos resultantes da “deslocação rápida da massa constituída por este material rochoso mobilizado pela água e que teve origem nos taludes dos vulcões”. A quantidade de água necessária para a mobilização de cinzas vulcânicas e a formação de um *lahar* poderá ser inferior a 30%. Esta corrente de lama avança no terreno e ocupa as zonas mais depressionárias de um vale, aumentando o seu volume sólido com diferentes espécies e tamanho de partículas que se vão agregando à medida que o *lahar* avança no terreno. Este evento poderá percorrer grandes distâncias a elevadas velocidades, ocupar vastas áreas e formar depósitos espessos (Tazieff, 1965 *in* Blong, 1984).

Neall (1976 *in* Blong, 1984) refere-se a *lahars*, mas usa outro termo – *jökulhlaups* – com a particularidade desta designação se aplicar em concreto ao fluxo de água originado pela ruptura ou rebentamento dos lagos subglaciares. A maioria dos *jökulhlaups* tem ocorrido nos vulcões da Islândia e dos Andes.

Padang (1951 *in* Blong, 1984) e Hadipusumo (1965 *in* Blong, 1984), verificaram que 45 dos 56 *lahars* que ocorreram em 16 diferentes vulcões na Indonésia estavam associados a vulcões que possuíam lagos no interior das suas crateras. Os vulcões que têm dado origem a um grande número de *lahars* primários têm sido, precisamente, os vulcões situados na Indonésia, nomeadamente o vulcão Kelut com 28 eventos deste tipo bem como o vulcão Cotopaxi, no Equador, com 25 *lahars*. O vulcão Kelut no ano de 1919, durante uma erupção vulcânica localizada no fundo deste lago, provocou um *lahar* que foi responsável pela morte de 5110 pessoas.

Mais tarde, no ano de 1966, o mesmo vulcão foi responsável por outro *lahar*, o qual vitimou 210 pessoas (Blong, 1984).

Dados do Instituto de Vulcanologia Smithsonian referem que no período compreendido entre 1600-1982 as mortes provocadas por *lahars*, entre todas as vítimas fatais atribuídas aos riscos vulcânicos, rondam os 6%. No entanto, restringindo este estudo estatístico ao período compreendido entre 1900-1982, a percentagem de mortes causadas por este tipo de ocorrências sobe para os 12% (Tabela 2.2).

A perda de milhares de vidas humanas, bem como a destruição de infraestruturas está bem marcada quando se analisam as estatísticas do número de vítimas associado a cada erupção (Tabela 2.3; Delmelle e Bernard, 2000). As erupções vulcânicas e os sismos são muitas vezes considerados como os precursores deste tipo de fenómenos. No entanto, as explicações para o colapso total ou parcial de um edifício vulcânico, contendo um lago no seu interior, poderão não ser assim tão lineares.

Tabela 2.2. Mortes provocadas por eventos associados a erupções vulcânicas (Blong, 1984).

Evento	Total de mortes ente 1600-1982	Total de mortes entre 1900-1982
Escoada lávica	985 (0.4%)	85 (0.2%)
Queda de cinza e projecteis balísticos	10953 (4.6%)	3019 (5.8%)
Escoadas piroclásticas e <i>debris</i> avalanches	54995 (23.0%)	36787 (70.4%)
<i>Lahars</i> e <i>jökulhlaups</i>	14746 (6.2%)	6438 (12.3%)
Actividade sísmica	89 (0.04%)	32 (0.06%)
Tsunamis	44356 (18.6%)	407 (0.8%)
Efeitos atmosféricos	63 (0.03%)	3 (0.01%)
Gases e chuvas ácidas	185 (0.08%)	183 (0.4%)
Doenças, fome, etc.	95313 (39.9%)	3163 (6.1%)
Causas desconhecidas	17182 (7.2%)	2133 (4.1%)
Total	238867 (100%)	52250 (100%)

Segundo Lopez e Williams (1993 *in* Kempter e Rowe, 2000), estudos efectuados em alguns vulcões que possuem sistemas geotérmicos demonstraram que a circulação dos fluidos hidrotermais junto ao topo dos vulcões poderá aumentar o risco de catástrofes relacionadas com o desmantelamento do edifício vulcânico. A

interacção dos gases magmáticos com a água meteórica de um lago vulcânico poderá resultar na formação de fluidos muito ácidos com capacidade de induzir alterações hidrotermais e provocar a dissolução das rochas. Assim, estas alterações poderão levar ao aparecimento de zonas de fraqueza e provocar instabilidade gravitacional. A coexistência destas zonas de fraqueza com tremores de terra provocados tanto por sismos como por tremor vulcânico poderá ser o precursor do colapso dos edifícios vulcânicos, permitindo a formação de *lahars* (Kempter e Rowe, 2000).

Um outro risco associado aos lagos vulcânicos está relacionado com a libertação súbita de grandes volumes de dióxido de carbono. Apesar da manifestação deste tipo de fenómeno ser mais rara, ele representa sempre grande perigosidade para as populações estabelecidas em redor destes edifícios vulcânicos. Exemplos desta ocorrência são os casos que tiveram lugar em África, nomeadamente nos Camarões, com a desgaseificação de CO₂ dos lagos Monoun (1984) e Nyos (1986) e que, face ao número elevado de vítimas, despertou a atenção da comunidade científica e das entidades oficiais para este fenómeno muito particular (Barberi *et al.*, 1989; Pouchet *et al.*, 1990; Martini *et al.*, 1994; Delmelle e Bernard, 2000).

A maioria dos componentes gasosos emitidos pelos vulcões são tóxicos (SO₂, H₂S, HCl, HF, CO, CO₂, etc.), mas o dióxido de carbono, igualmente um gás tóxico, é o que apresenta maior perigosidade uma vez que não tende a misturar-se com o ar, é inodoro e invisível e, quando ocorre numa concentração à volta dos 30%, é fatal, embora o perigo da desgaseificação de CO₂ possa ser limitado pela sua diluição na atmosfera. Este gás tem a característica de ser uma vez e meia mais denso que o ar e, por isso, quando libertado, tende a percorrer as zonas deprimidas do terreno.

Quanto maior for a concentração de gás, maior será a distância que a nuvem consegue atingir. No entanto, a sua libertação poderá aumentar a acumulação de CO₂ quando as condições em que se dá a erupção, a topografia, a geologia e as condições meteorológicas favorecem a sua concentração (Allard *et al.*, 1989; Varekamp e Thomas, 1998).

Pensa-se que para ocorrer este tipo de fenómeno, com acumulação e libertação de grandes quantidades de CO₂, os lagos deverão ser profundos, possuir fontes hidrotermais de baixa temperatura no fundo e patentear uma clara estratificação de

densidade originada pela temperatura. Esta situação permitirá a retenção de gás no fundo do lago devido às águas do fundo e da superfície não se misturarem (Sigurdsson *et al.* 1987; Allard *et al.*, 1989; Sabroux *et al.*, 1990; Kusakabe *et al.*, 2000; Kling *et al.*, 2001). No entanto, a desgasificação súbita de CO₂ revela-se um fenómeno raro, complexo, mal compreendido e de difícil estudo (Kling *et al.*, 1989; Ronde *et al.*, 2002).

Tabela 2.3. Números de mortes provocadas por *lahars* primários (Blong, 1984).

Erupção	Mortes provocadas por lahars	Total de mortes
Vesúvio, 1631	1750	3500
White Island, 1914	11	11
Ruapehu, 1953	151	151
Galunggung, 1822	3600	4011
Kelut, 1919	5110	5110
Kelut, 1966	210	210
Semeru, 1976	40	40
Agung, 1963	200	1184
Awu, 1966	10	39
Mayon, 1766	46	46
Mayon, 1814	720	1200
Mayon, 1968	3	3
Sakura-jima, 1914	25	62
Sakura-jima, 1974	8	8
Asama, 1783	550	1151
Tokachi, 1926	144	144
Usu, 1977-1978	3	3
Mauna Loa, 1868	31	77
Fuego, 1963	7	7
Irazú, 1963	30	30
Ruiz, 1845	700	700
Cotopaxi, 1845	1000	1000
Villarrica, 1964	25	25
Villarrica, 1971	15	15
Mt Pelée, 1902	25	25
Öraefajökull, 1727	3	3

Este tipo de manifestação é referenciado por Allard *et al.* (1989), em 20 de Fevereiro de 1979, no Complexo Vulcânico de Dieng, em Java (Indonésia), a propósito da ocorrência de uma erupção freática na qual morreram 142 pessoas devido à libertação súbita de dióxido de carbono. No entanto, a erupção ocorrida no lago Nyos foi a mais estudada até ao momento.

Na noite de 21 de Agosto de 1986, uma massa tóxica de dióxido de carbono libertada pelo lago Nyos asfixiou 1742 pessoas e um número indeterminado de animais, sem que alguém se tivesse apercebido do que tinha acontecido. Esta nuvem com CO₂ concentrado teve origem no sector norte do lago Nyos, por volta das 20h30, e deve ter atingido a aldeia Nyos antes da meia-noite. Os vulcanólogos que ocorreram ao local desde logo formularam diferentes hipóteses acerca do sucedido, constituindo-se dois grupos com explicações distintas: uns, defendiam que o ocorrido não era uma verdadeira erupção, enquanto que os outros afirmavam tratar-se, de facto, de uma erupção (Kanari, 1989; Scarth, 1999).

Aquela massa de dióxido de carbono misturada com água foi ejectada do fundo do lago, no flanco meridional, com uma velocidade à volta dos 100 km/h. Este volume de dióxido de carbono ao escapar disseminou-se à volta do lago, perdendo grande quantidade de água à medida que progredia no terreno. Possivelmente, foi libertado nesta erupção cerca de 1 km³ de dióxido de carbono puro (Scarth, 1999).

2.3. Lagos Vulcânicos dos Açores

A inventariação dos sistemas lacustres no Arquipélago dos Açores está bem documentada no estudo elaborado pela DROTRH-INAG (2001), relativo ao Plano Regional da Água. Deste levantamento, constam 88 lagos distribuídos pelas ilhas de São Miguel (Grupo Oriental; Fig. 2.5), Terceira, Pico (Grupo Central; Fig. 2.6), Flores e Corvo (Grupo Ocidental; Fig. 2.7). Calcula-se que do volume total de água contido nos lagos dos Açores ($90 \times 10^6 \text{ m}^3$), 93% esteja armanezado na ilha de São Miguel. A Lagoa das Sete Cidades, na realidade constituída pelas Lagoas Azul e Verde, contém um volume de $47760 \times 10^3 \text{ m}^3$, que corresponde a cerca de metade do volume total da água que estes sistemas encerram.

As lagoas existentes na ilha das Flores contribuem com 5% do volume total de águas das lagoas e os restantes 2% correspondem aos vários lagos situados nas ilhas da Terceira, Pico e Corvo.

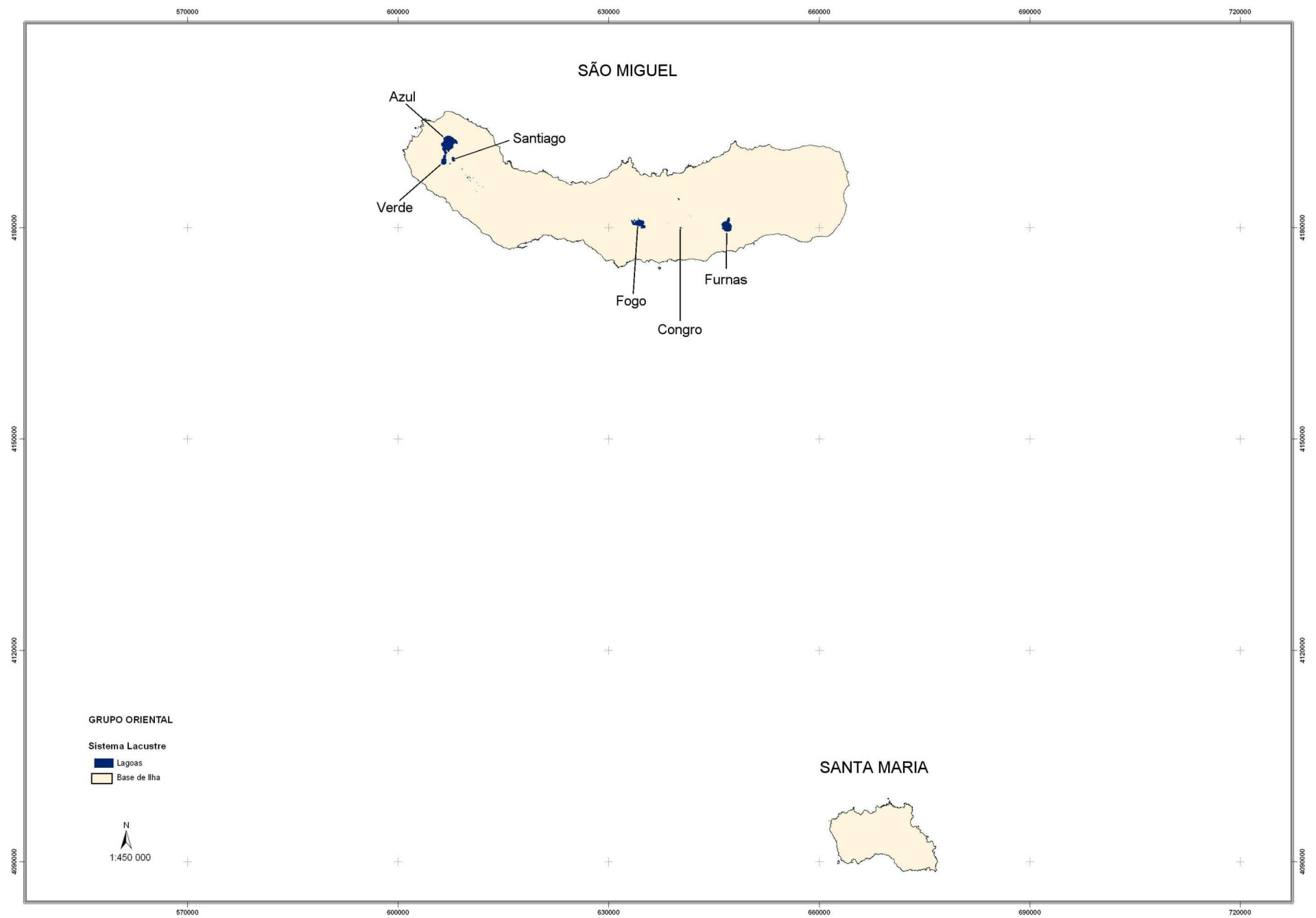


Fig. 2.5. Lagos localizados no grupo oriental.

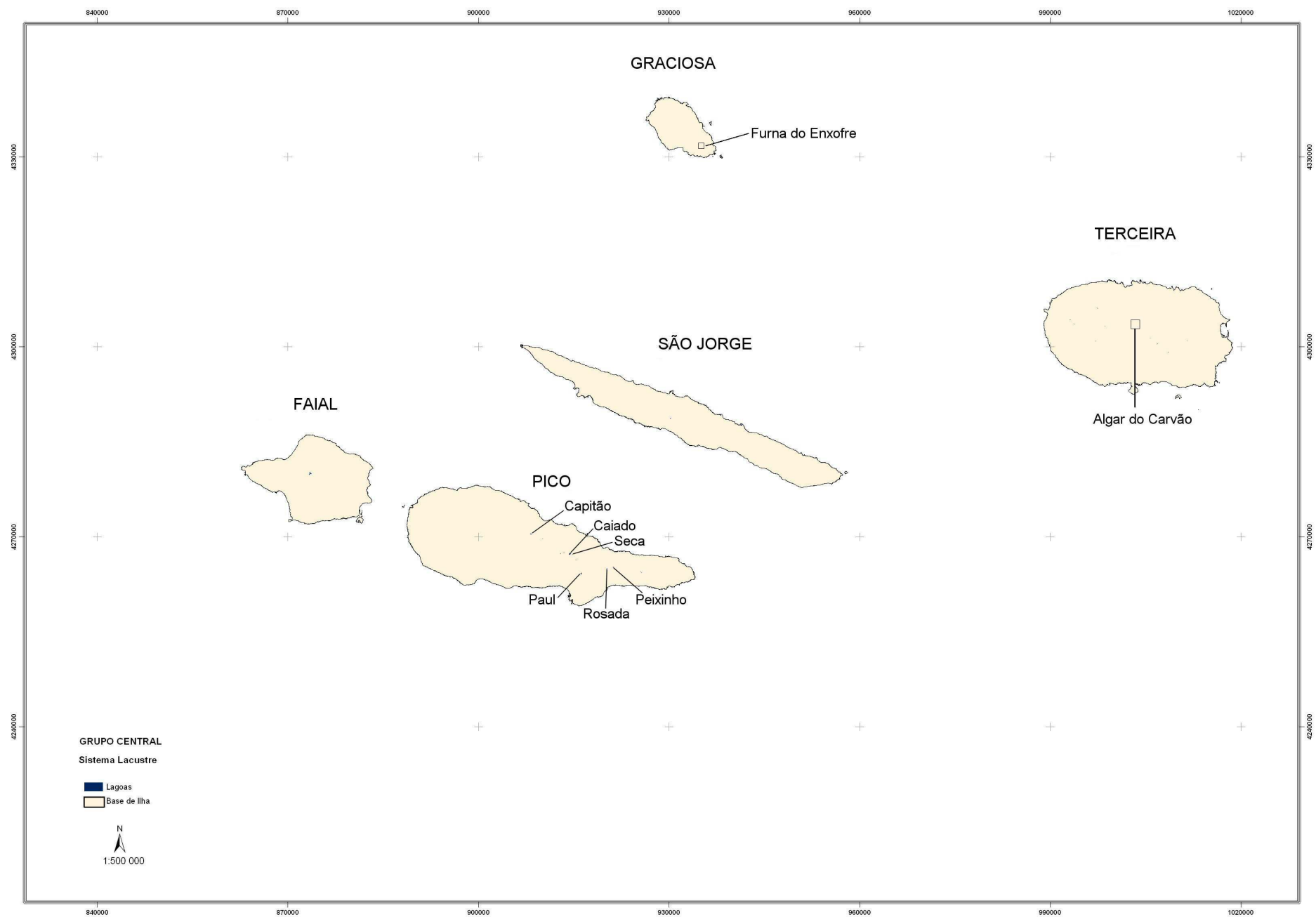


Fig. 2.6. Lagos localizados no grupo Central.



Fig. 2.7. Lagos localizados no grupo ocidental.

Ao longo da investigação, confrontamo-nos com diferentes estudos onde é divergente o número de lagos existentes nas diferentes ilhas, devido aos critérios discrepantes utilizados na classificação dos mesmos. No entanto, é evidente que a ilha que possui maior número de lagos, os quais apresentam água durante todo o ano, é a ilha de São Miguel, sendo também esta ilha aquela que exhibe lagoas com maior volume de água (Porteiro, 2000).

As características físicas destes sistemas aquático encontram-se condicionadas pelo enquadramento geológico, que de uma forma geral estão localizadas no interior de crateras de explosão (Tabela 2.4).

2.3.1. Actividade Vulcânica Associada a Lagos nos Açores

A génese dos lagos no Arquipélago dos Açores está associada à actividade vulcano-tectónica que deu origem à formação das ilhas. A este respeito, Santos (1989) refere “...*embora por todo o lado se constate a existência de crateras, a que localmente se dá o nome de «caldeiras» (as maiores são designadas de «caldeirões»).* Na sua quase totalidade, encontram-se gastas pela erosão e entupidas, estando algumas ocupadas, desde há muito, por lagoas.”

Os lagos associados a crateras de explosão são os mais representativos nos Açores, uma vez que estão em maior número e, de uma forma geral, apresentam as maiores áreas e profundidades comparativamente aos que devem a sua formação a acidentes de origem tectónica ou que se formaram em depressões do terreno e que encerram pequenos volumes de água.

Como foi referido anteriormente, desde a descoberta e povoamento das ilhas registaram-se 19 erupções vulcânicas nas ilhas de São Miguel, da Terceira, de São Jorge, do Pico e do Faial. Apesar da maioria dos registos existentes serem meramente descritivos, não compreendidos pelo povo e, principalmente, associados à esfera do divino, existem relatos que localizam estes eventos em áreas onde existiam lagos ou que devido às erupções originaram estas massas de água.

Estes fenómenos foram unicamente alvo de descrições empíricas elaboradas por habitantes destas ilhas, portadores de um espírito mais observador e atento aos fenómenos naturais, os quais ultrapassavam a possibilidade de serem compreendidos pelo homem comum, sendo, por isso, sentidos como algo transcendente.

Tabela 2.4. Características de alguns lagos do Arquipélago dos Açores (adaptado de DROTRH-INAG (2001)).

Lagoa	Dimensão		Declive da BH	Escoamento superficial	Altitude		Profundidade			Volume de água	Classificação do solo nas zonas envolventes					
	BH (km ²)	Plano de água (km ²)			(°)	(m ³)	(m)	Class. DQA	máx. (m)		med. (m)	Class. DQA	(10 ³ m ³)	Floresta produção	Matos	Pastagem Intensiva
Azul	15,35	3,59	36	10524	610	m	24,1	11,1	P	39764	193	410	461	0	26	34
Verde	3,01	0,86	51	2064	260	M	20,3	9,3	P	7996	117	56	39	0	1	0
Santiago	0,8	0,25		548	530	M	29,0	13,3	P							
Canário	0,16	0,02		99	750	M	3,6	1,6	PP	19	12	1	0	0	0	0
Empadadas (Norte)	0,09	0,02		62	740	M	6,8	3,1	P	37	7	0	0	0	0	0
Empadadas (Sul)	0,07	<0,01		48	750	M	3,0	1,4	PP	5	7	0	0	0	0	0
Caldeirão da V. Grande	0,12	0,01		82	720	M	2,5	1,2	PP	12	1	0	0	0	0	0
Rasa (Serra devassa)	0,11	0,03		75	765	M	0,8	0,4	PP							
Rasa (Sete Cidades)	0,17	0,04		117	544	M	4,0	1,8	PP							
São Brás	0,33	0,06		226	360	M	2,5	1,1	PP	56	12	0	13	0	0	0
Fogo	5,06	1,43	48	3469	574	M	29,9	13,7	P	18041	61	283	0	0	0	0
Congro	0,24	0,04		165	420	M	18,9	8,7	P	281	5	3	5	0	0	0
Furnas	12,45	1,86	20	8535	280	M	15,0	6,9	P	13592	373	162	462	0	6	0
Capitão	0,18	0,03		11	790	M	4,5	2,1	PP	43	0	3	0	12	0	0
Caído	0,19	0,05	16	118	810	G	4,8	2,2	PP	90	1	2	0	8	0	0
Negra		0,11			530	M	10,8	5,0	P							
Comprida	0,48	0,05	12	1270	550	M	18,0	8,3	P	378	0	42	0	0	0	0
Branca		0,05			530	M	15,9	7,3	P							
Rasa	0,27	0,10	14	370	530	M	17,5	8,1	P	754	0	16	0	0	0	0
Lomba	0,10	0,02	16	137	650	M	16	7,4	P	143	1	0	0	5	0	0

O primeiro registo histórico de uma erupção vulcânica nos Açores relaciona-se com a descoberta e povoamento das ilhas. No regresso à ilha de São Miguel, após o reconhecimento da mesma por volta do ano de 1443, com os primeiros colonos, a tripulação não reconheceu a ilha devido à inexistência de um dos picos que tinha sido fixado como referência, o vulcão das Sete Cidades. Aquando da aproximação, também relataram que observaram à superfície da água muita pedra-pomes, madeira, alguma queimada, e que caía na altura cinza (Frutuoso, 1583a); Cordeyro, 1981; Chagas, 1989; Santos 1989).

Após a ocupação da ilha de São Miguel e terem relacionado o desaparecimento do referido pico com a actividade vulcânica, os mesmos navegadores observaram no interior da cratera das Sete Cidades *“um vasto deposito d’agua, que necessariamente iria aumentando pela frequência das chuvas e disposição do terreno, até tornar-se a majestosa lagoa que hoje admiramos”* (in Arquivo dos Açores, Vol. VII).

Estudos recentes, designadamente de Queiroz *et al.*, (1995), relacionam as descrições de uma erupção aquando do povoamento da ilha de São Miguel com o evento que ocorreu no Pico do Gaspar (Caldeira das Furnas) datado por volta de 1439 e 1443. Deste modo, subsiste a dúvida se a subsidência do vulcão das Sete Cidades se deveu a um evento independente ou se ocorreu devido ao tremor vulcânico, originado pela erupção ocorrida no Pico do Gaspar (Madeira, 1998).

Na ilha do Pico, a erupção de 1562 ocorreu junto a uma lagoa e, apesar do escasso relato relativamente à proximidade da lagoa em questão, é interessante o apontamento de Diez *et al.* (1562): *“...y todo al redor de la laguna está lleno de bocas de fuego...”*.

A erupção de 25 de Junho de 1563, no vulcão do Fogo, em São Miguel, ocorreu na Lagoa do Fogo, que se localizava no designado Pico das Berlengas (Alverne, 1961), zona onde existiam, além de duas lagoas, algumas manifestações hidrotermais como se depreende pela descrição efectuado pelo padre José Pereira Bayão: *“... A causa deste tremor era que estava um pico muito grande e alto que se chamava o pico da lagoinha, que tomou este nome por causa de haver no corôa deste pico uma alagoa pequena, e na fralda deste pico está outra alagoa muito*

grande; a terra della seria de quatro moios em sementeira. (...) Tinha mais este pico, da banda d'onde nasce o sol, uns lameiros pequenos os quaes continuamente lançavam fumo, e se achava enxofre.”

Este evento ocorreu de forma muito violenta, tendo sido observado pela população que habitava as ilhas do Grupo Central, ao qual não é alheio, o facto de ter ocorrido a interacção água-magma, aumentando, deste modo, a explosividade do evento como uma maior fragmentação dos produtos emitidos.

Segundo Frutuoso (1583b), o resultado da erupção, que ocorreu no interior da cratera e foi responsável pelo desaparecimento da lagoa que existia no local, “...fez um algar mais profundo do que dantes tinha d'altura; e esta é a cinza que ajuntando-se com a agoa da lagoa, que este pico tinha se tornou em polme e chovêo (...) causou os accidentes eclipses do sol e as negras obscuridades quando do dia se fazia noite.”. A 1 de Fevereiro de 1564 ocorre novo episódio, desta vez junto ao Pico das Berlengas “...assim como dantes era uma grande alagoa, já está também tornado alagoa muito maior, porque terá duas léguas de comprido e quase um quarto de légua de largo. E cada vez vai mais crescendo.”, sendo evidente que as erupções contribuíram para o aumento da área actual da Lagoa do Fogo.

Ainda durante esta crise, no dia 2 de Julho de 1563, ocorre uma erupção no Pico do Sapateiro, situado na costa Norte da ilha que, segundo Frutuoso “*Houve grandes estrondos por excluir o elemento água do seu lugar, em que estava, tantas braças como ainda hoje se vê em biscoitos*”. No entanto, todo o acervo histórico consultado e que referenciava este evento, com excepção de Frutuoso, nenhum menciona a existência de água neste Pico, o que poderá resultar de uma imprecisão relativamente à lagoa da Lagoínha, situada acima da Lagoa do Fogo, antes de ocorrer esta crise, e dos inúmeros “*lameiros*” que existiam em redor do vulcão do Fogo.

Em 1630 ocorre nova erupção no vulcão da Furnas, que na época é designada como o *cinzeiro* devido ao carácter explosivo do evento (Nogueira, 1894), tendo a interacção água-magma contribuído decididamente para o índice de explosividade relatado. Apesar do padre Júlio da Rosa (1976) localizar o centro eruptivo na Lagoa das Furnas, os testemunhos da época e estudos mais recentes localizam este evento na designada Lagoa Seca, que se situava entre duas lagoas, a “*Lagôa barrenta*” e a

“*obscura*”, situadas próximo da Lagoa das Furnas e que desapareceram devido a esta ocorrência. No entanto, é notória a interação que ocorreu entre o magma e a água das lagoas, não só pelos relatos das testemunhas que presenciaram as “...*nuvens de fogo que saíam das lagoas*” (Purificação, 1630 in Arquivo dos Açores Vol. II), como pela descrição da coluna eruptiva, constituída por cinza e que era “...*uma nuvem espantosa e negra, despedindo, afogueada, de si uns como raios, relâmpagos e foguetes...*”.

Esta erupção, possivelmente a mais violenta que ocorreu nos Açores desde o seu povoamento, teve grande intensidade nos danos ocorridos na ilha provocando à volta de 195 mortos. O tremor vulcânico que precedeu a erupção, com início no dia 2 de Setembro, provocou a destruição do património edificado nas localidades de Povoação e Ponta Garça e, parcialmente, em Vila Franca do Campo. Houve diversos deslizamentos de terra, inclusive na Freguesia da Povoação um deslizamento de terra de “...*noventa braças [que] entrou no mar...*” (Alverne, 1961).

É possível verificar nos acervos históricos que esta erupção provocou pelo menos um *lahar* primário que atingiu “*O lugar do Fayal com as enchentes de agoa que tudo arrasou está sem esperança de se poder habitar como dantes*” (anónimo in Arquivo dos Açores, Vol. II, 1980).

O volume de magma expelido pelo evento foi considerável “...*eclipsou, e obscureceu tanto a luz do dia, que se não conheciam os homens uns aos outros como em noite escura, e com a muita obscuridão não atinavam com ruas, nem caminhos... era necessário levarem lanternas ao meio dia, como se fora meia noite...*” (Purificação, 1630 in Arquivo dos Açores, Vol. II, 1980). A cinza que precipitava da coluna eruptiva caiu durante três dias, subterrando casas e formando espessos depósitos de cinza e pedra-pomes, inclusive por mar dentro, tendo atingido as ilhas das Flores e do Corvo.

Do levantamento histórico efectuado é possível verificar, apesar dos registos bibliográficos não focarem este tipo de eventos com grande rigor, que algumas erupções onde ocorreu o contacto entre a água e o magma se manifestaram com extrema explosividade, nomeadamente a erupção de 1563, na Lagoa do Fogo e a erupção de 1630, na Lagoa das Furnas. Também, para estes dois eventos, após as erupções, formaram-se novos lagos

2.4. Hidrogeoquímica de Lagos Vulcânicos

Os lagos vulcânicos poderão assemelhar-se aos lagos de água natural, locais onde ocorre a acumulação de água proveniente da precipitação e se sucedem diversas interações referidas anteriormente. Porém, muitos lagos vulcânicos apresentam a particularidade de possuírem água quente. Existe um número mais restrito de lagos constituídos por uma mistura de ácido clorídrico e sulfúrico, e que correspondem aos lagos mais ácidos e mineralizados no mundo (Delmelle e Bernard, 2000).

Tendo em conta o contributo da água meteórica e os diferentes processos de contaminação de origem vulcânica, estas massas de água apresentam uma larga variação no que concerne às suas características hidrogeoquímicas (Delmelle e Bernard, 2000; Varekamp *et al.*, 2000): (1) lagos com pH à volta da neutralidade e com baixa concentração de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT <100 mg/kg), (2) lagos ácidos que apresentam um pH entre 2 e 6 e SDT abaixo de 2000 mg/kg e (3) lagos hiperácidos, com pH abaixo de 1, classificados como salmoura devido aos valores de SDT >100000 mg/kg. A contaminação vulcânica da água dos lagos poderá manifestar-se de diferentes formas, desde a entrada de voláteis a fontes hidrotermais no fundo destes (Fig. 2.5). Além desta classificação mais abrangente, a qualidade da água dos lagos poder-se-á diferenciar através dos elementos químicos dissolvidos (Delmelle e Bernard, 2000).

Quando o processo dominante de evolução química dos lagos se relaciona com o quimismo da precipitação influenciado por sais de origem marinha a partir do transporte atmosférico, estas águas apresentam uma tipologia cloretada sódica devido a um enriquecimento, principalmente, em iões Na^+ e Cl^- . Esta situação é característica, *grosso modo*, dos lagos vulcânicos dos Açores, particularmente, dos lagos localizados na ilha do Pico (Antunes *et al.*, 2007b).

Os lagos que interagem com ambientes vulcânicos activos apresentam diferentes processos de evolução geoquímica que reflectem uma larga gama de diferentes tipologias. Em algumas zonas do mundo, a água destes lagos poderá apresentar uma maior ou menor influencia do sulfato como elemento principal ou no caso do

Lago Nyos um enriquecimento em dióxido de carbono, resultante das condições particulares de degaseificação que ocorrem no lago (Delmelle e Bernard, 2000).

2.5. Monitorização da actividade vulcânica em lagos

A importância do estudo dos lagos vulcânicos reside em vários factores, aos quais não é alheio o facto destas massas de água poderem interagir directamente com sistemas magmáticos, oferecendo grandes possibilidades no estudo da predição de eventos vulcânicos (Christenson, 2000; Delmelle *et al.*, 2000; Martínez *et al.*, 2000; Varekamp, 2002).

Como já referido anteriormente, as diferentes características dos lagos vulcânicos, particularmente as diferentes tipologias da água, poderão reflectir a influência directa sobre as propriedades físicas e químicas das águas dos lagos, dos gases e dos líquidos libertados pelas câmaras magmáticas em profundidade. Deste modo, pode considerar-se que as características de alguns lagos vulcânicos reflectem fenómenos com origem nos magmas situados em profundidade (Fig. 2.8). Assim sendo, podemos olhar para os lagos vulcânicos como janelas abertas que nos permite obter um melhor conhecimento dos procedimentos que comandam a ascensão dos fluidos magmáticos até à superfície e da forma como reagem com o meio dentro do próprio edifício vulcânico (Rice, 2000).

Os lagos vulcânicos que se situam nos edifícios vulcânicos activos são sistemas dotados de uma dinâmica particular. Estes interagem com material de origem magmática, sendo reservatórios naturais onde ocorre a condensação natural dos gases vulcânicos, de fluidos hidrotermais, por vezes, extremamente acidificados e mineralizados. O estudo dos lagos vulcânicos permite um melhor conhecimento acerca destas propriedades físicas e químicas associadas às erupções magmáticas e, principalmente, acerca das modificações a nível térmico e químico que poderão preceder uma erupção vulcânica (Delmelle e Bernard, 2000; Ohba, 2000).

Neste contexto, existe grande interesse no acompanhamento destas variações nestes lagos devido ao potencial de perigosidade que representam para as populações que habitam as áreas localizadas ao redor destes edifícios vulcânicos. Assim, as mudanças que estes fenómenos de origem magmática poderão induzir nas características físico-químicas dos lagos servem, geralmente, de linha de base

para a monitorização dos mesmos. A hidrogeoquímica relacionada com a actividade vulcânica de um lago poderá ser uma ferramenta de extrema importância para monitorizar a actividade vulcânica, quando combinadas com outras técnicas aplicadas no estudo do vulcanismo. Uma vez que os lagos vulcânicos também poderão ser a fonte de possíveis *hazards* (*lahars*, poluição atmosférica, difusão de gases tóxicos, etc.) relacionados directamente com erupções que poderão ocorrer dentro dos lagos vulcânicos, a sua monitorização revela-se fundamental (Takano e Watanuki, 1990; Pasternack e Varekamp, 1994; Martínez *et al.*, 2000).

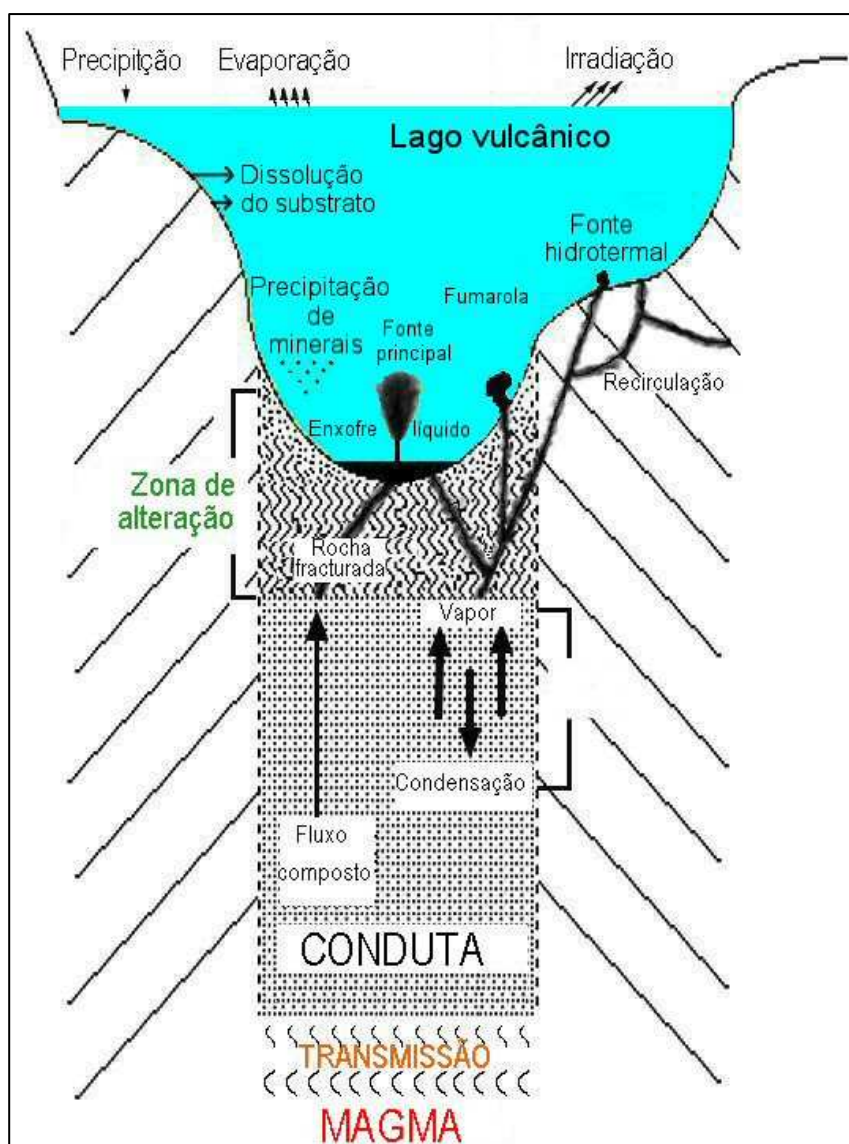


Fig. 2.8. Esquema interpretativo da possível interacção da água de um lago vulcânico com os fenómenos atmosféricos e os fluidos de origem vulcânica (adaptado de Pasternack, 1996).

A cor da água dos lagos, que resulta da absorção e dispersão da radiação solar através das substâncias dissolvidas ou em suspensão na água, também poderá revelar uma alteração na interacção com o *input* de origem vulcânica, uma vez que a cor da água nestes sistemas é afectada pela alteração da precipitação química.

3. SISTEMAS LACUSTRES ESTUDADOS

3.1. Localização dos lagos estudados

Os lagos vulcânicos objecto do presente estudo reportam-se, na ilha de São Miguel à Lagoa das Sete Cidades (Lagoa Verde e Azul; Fig. 3.1 A) e à Lagoa de Santiago (Fig. 3.1 C, ambas localizadas no Complexo Vulcânico das Sete Cidades, a W da ilha. A Lagoa do Fogo (Fig. 3.1 D), situada no interior da Caldeira do Complexo Vulcânico do Fogo, e a Lagoa do Congro (Fig. 3.1 E), localizada no Planalto da Achada das Furnas, estão estabelecidas sensivelmente na parte central da ilha. Por último, a Lagoa das Furnas (Fig. 3.1 B), implantada no interior da cratera do complexo vulcânico das Furnas, localizada a SE de São Miguel.

No Grupo Central, foram seleccionadas as duas lagoas localizadas no interior das grutas lávicas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre que pertencem à ilha Terceira (Fig. 3.2) e à ilha Graciosa (Fig. 3.3), respectivamente. Também na ilha do Pico foram seleccionadas as Lagoas do Capitão (Fig. 3.4 D), do Caiado (Fig. 3.4 A), da Rosada (Fig. 3.4 C), do Peixinho (Fig. 3.4 F), do Paúl (Fig. 3.4 E) e a Seca (Fig. 3.4 B), todas localizadas na parte Este da ilha onde predominam os cones de escória.

No Grupo Ocidental, na ilha das Flores, foram seleccionadas a Lagoa Negra (Fig. 3.5A), Comprida (Fig. 3.5 B), localizadas a Norte do designado Planalto Central e a Sul do mesmo as lagoas Rasa (Fig. 3.5 C) e Funda (Fig. 3.5 D). A Lagoa da Lomba também foi amostrada e situa-se a Este em relação aos outros lagos seleccionados (Fig. 3.5 E). A Lagoa do Caldeirão, localizada na ilha do Corvo também foi estudada (Fig. 3.6).

3.2. Características dos Lagos estudados

Todos os lagos alvo do presente estudo foram seleccionados tendo em conta estudos precedentes relacionados com hidrogeoquímica destes sistemas lacustres (Antunes, 2004; Cruz *et al.*, 2006) e as características que cada um encerra. Estas características dos lagos seleccionados, encontram-se sumariadas na Tabela 3.1, onde é referenciada a respectiva designação da massa de água, a ilha onde se situa, a sua localização, a altitude, a área, a profundidade máxima, o volume, a classificação geológica e a classificação trófica.

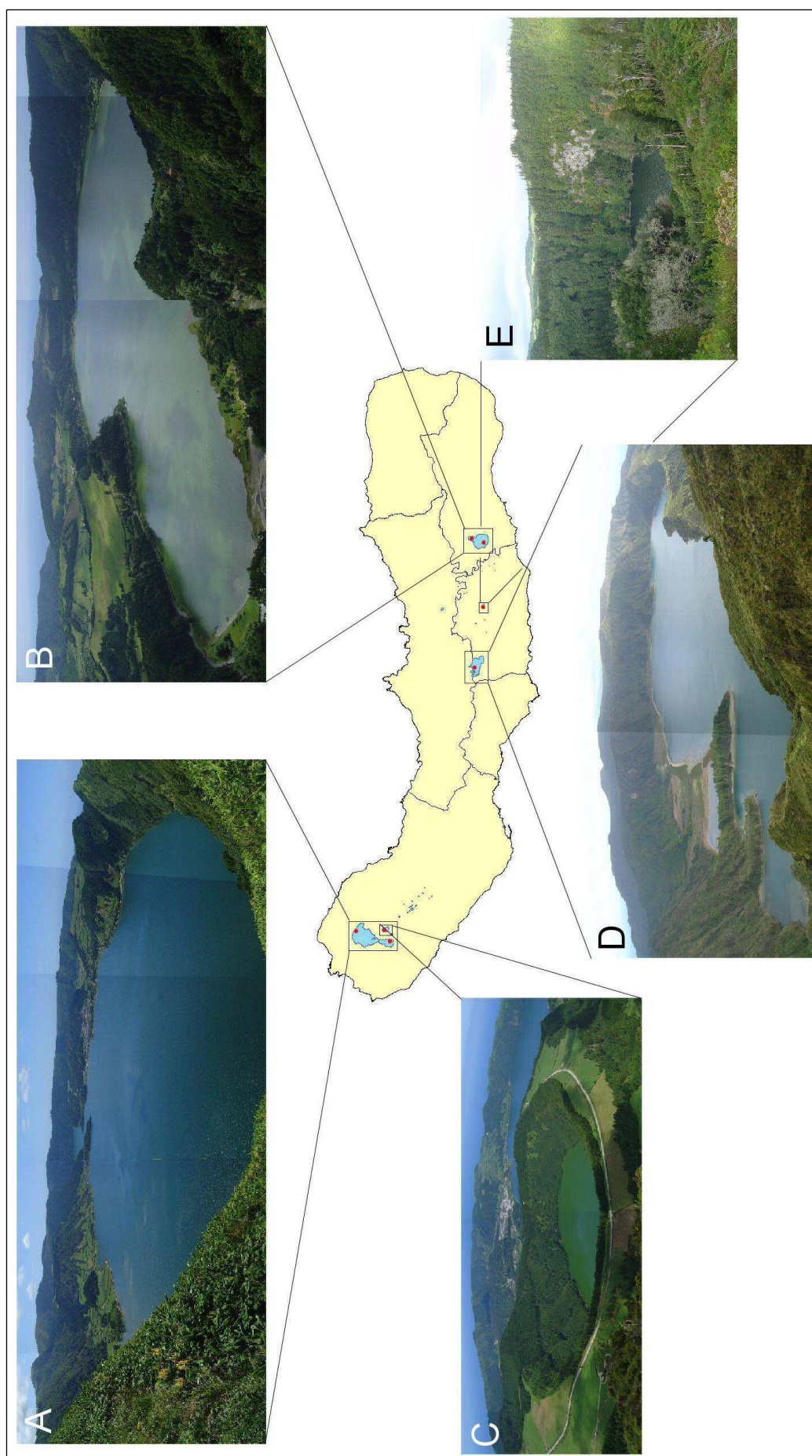


Fig. 3.1. Localização dos lagos estudados na ilha de São Miguel.

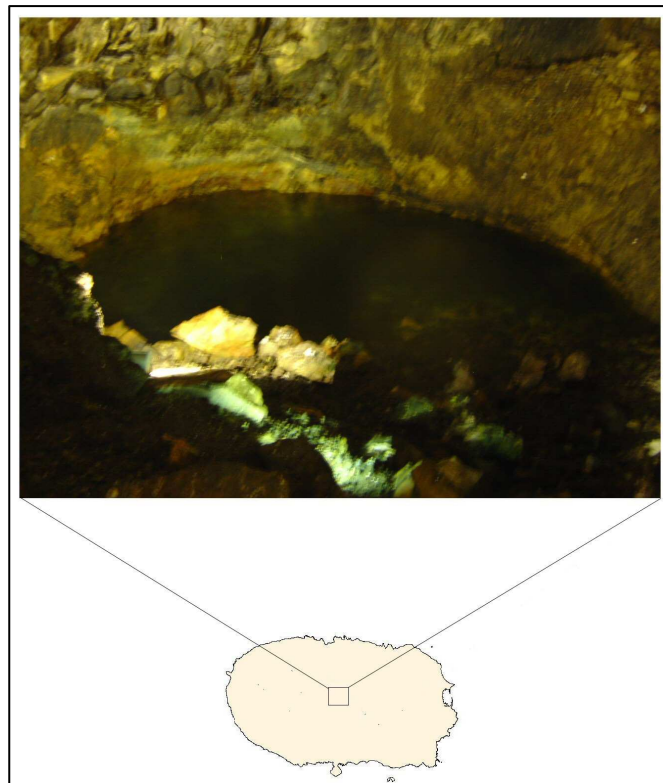


Fig. 3.2. Localização da Lagoa do Algar do Carvão.

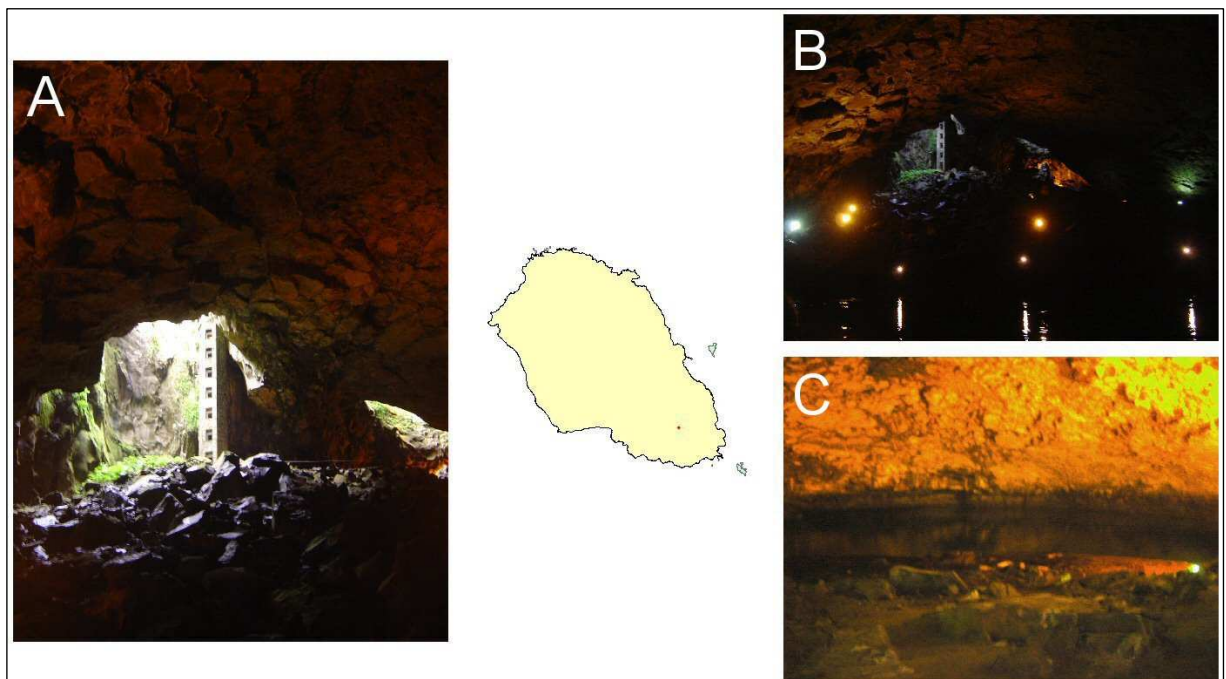


Fig. 3.3. Localização da Lagoa da Furna do Enxofre.

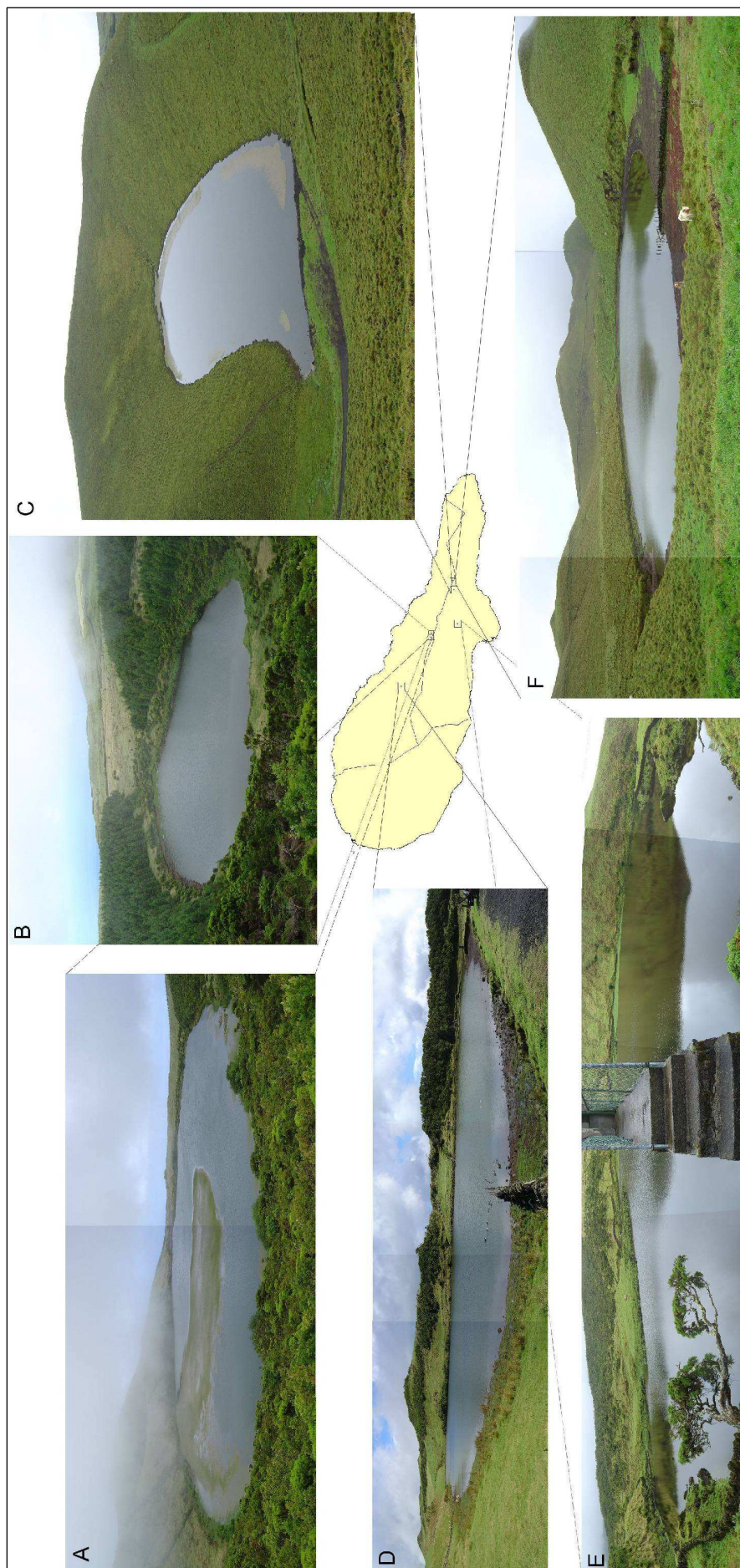


Fig. 3.4. Localização dos lagos estudados na ilha do Pico.

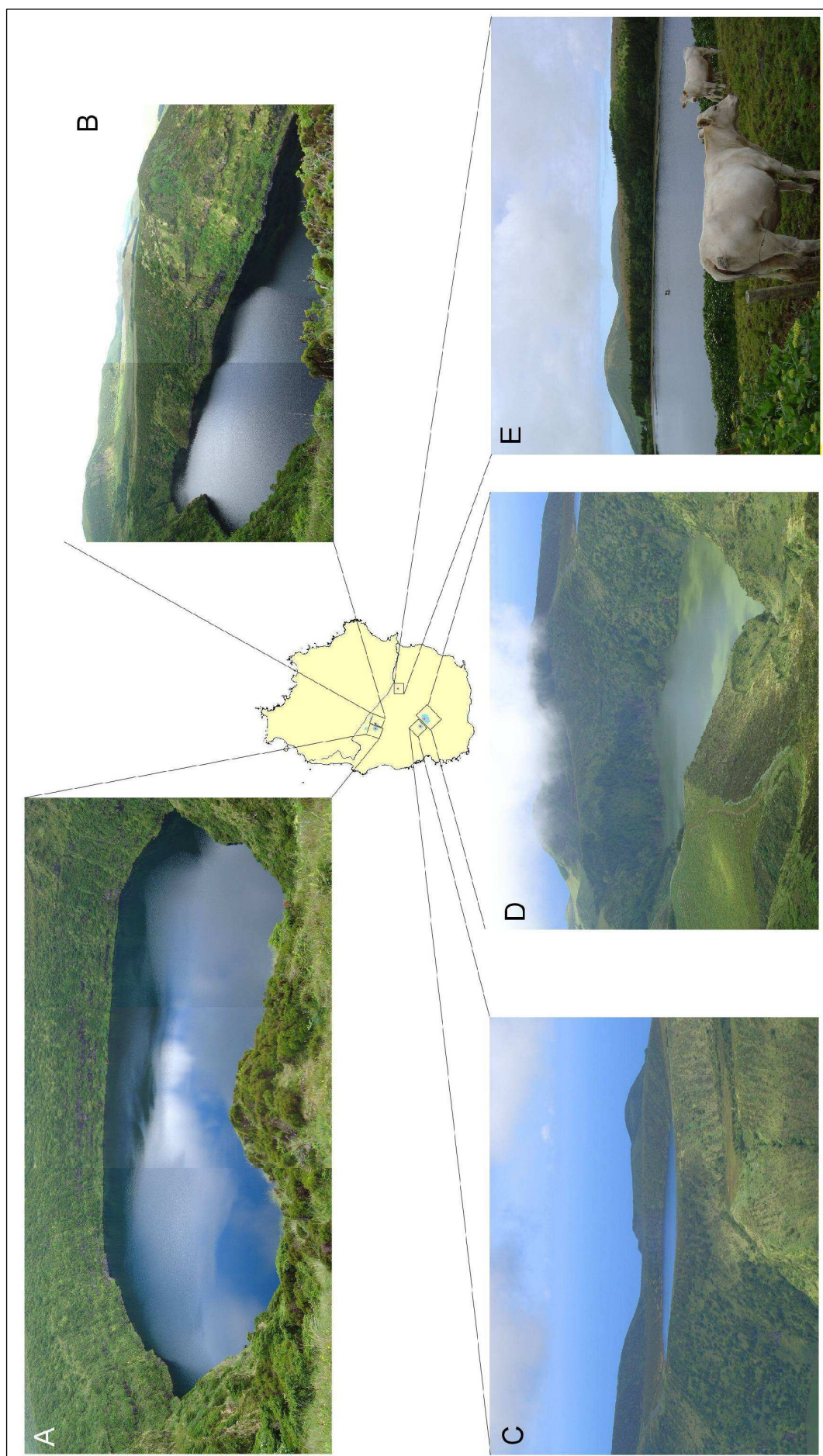


Fig. 3.5. Localização dos lagos estudados na ilha das Flores.



Fig. 3.6. Localização da Lagoa do Caldeirão na ilha do Corvo.

Os lagos vulcânicos estão situados entre os 92 e os 810 metros de altitude. A altitude mínima corresponde à lagoa que se encontra no interior da Furna do Enxofre e a cota máxima à lagoa do Caiado, na ilha do Pico. Como se verifica na Tabela 3.1, os lagos de maior área, Fogo ($5,1 \text{ km}^2$), Furnas ($12,5 \text{ km}^2$) e Sete Cidades ($18,4 \text{ km}^2$), apresentam todos a mesma génese, isto é, estão situados em caldeiras de colapso e no seu conjunto a um valor médio de $12,0 \text{ km}^2$, sendo a sua mediana igual a $12,5 \text{ km}^2$. No entanto, a maioria dos lagos possuem áreas substancialmente mais pequenas.

De entre todos os lagos dos Açores, a lagoa das Sete Cidades é o lago que apresenta maior volume de água ($47760,5 \times 10^3 \text{ m}^3$), enquanto que a lagoa do Peixe é a que possui menor volume de água: ($2,4 \times 10^3 \text{ m}^3$).

A maioria dos lagos listados na Tabela 3.1, (72,7%), estão situados no interior de cones de explosão (Fig. 3.7). Em cones de escória localizam-se 36,4%, em *maars* (s. l.) 13,6% e, igualmente, 13,6% destes lagos situam-se em caldeiras de colapso que correspondem aos lagos de maior área superficial e de profundidade considerável. No entanto, não significa que correspondam forçosamente aos de maior profundidade.

Os lagos associados a depressões topográficas de origem indiferenciada têm uma representação mais reduzida (22,7%), enquanto que 4,5% dos lagos se situam no interior de grutas vulcânicas.

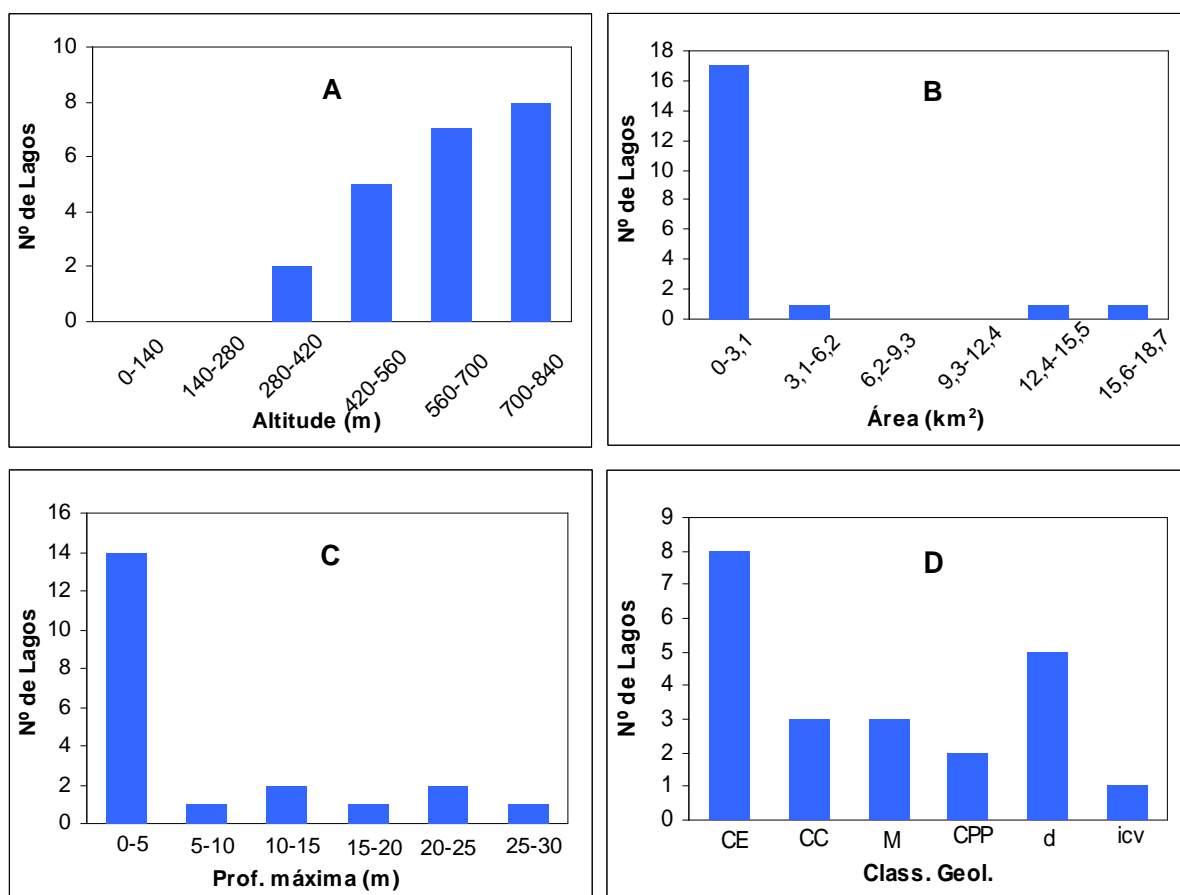


Fig. 3.7. Distribuição da classe modal relativamente à altitude, à área, à profundidade máxima e à classificação geológica. CE – cone de escórias; CC – cratera de colapso; M – maar (s. l.); CPP – cone de pedra pomes; d – depressão indiferenciada; icv – interior de concavidade vulcânica (fonte: Antunes, 2003).

3.3 Estruturas Vulcânicas Associadas aos Lagos Estudados

3.3.1. A ilha de São Miguel

A ilha de São Miguel, a maior do Arquipélago dos Açores, apresenta uma forma alongada devido às estruturas tectónicas que a condicionam. Possui um comprimento total de 63 km, medidos entre W-E, uma largura máxima de 15 km (N-S), uma área basal de 742 km² e o ponto mais alto da ilha situa-se no Pico da Vara, com 1104 metros, localizado no Planalto dos Graminhais, a E da ilha.

Sob a perspectiva geomorfológica, Zbyszewski (1961) definiu 8 unidades distintas para a ilha de São Miguel (Fig. 3.8). Os lagos estudados nesta ilha estão localizados em 4 desta 8 unidades. São elas o Maciço Vulcânico das Sete Cidades, o Complexo Vulcânico da Serra de Água de Pau, o Planalto da Achada das Furnas e o Vulcão das Furnas.

Tabela 3.1. Características dos Lagos estudados.

Ilha /Lagoa	Localização		Altitude (m)	Área da lagoa (km ²)	Comprimento (m)	Largura (m)	Profundidade máxima (m)	Volume (10 ³ m ³)	Classificação	Classificação
	M	P							Geológica	trófica
São Miguel										
Azul	607723	4192669	260	3,6	2590	2093	29	47361	Cratera de Colapso	Meso-eurtófico
Verde	606686	4189300	260	0,86	1540	777	26	10679	Cratera de Colapso	Meso-eurtófico
Santiago	26607844	4189891	355	0,24	705	445	36		Maar (S.L)	
Fogo	26634260	4180919	587	1,53	2203	1010	31,6	23443	Cratera de Colapso	Oligo-mesotrófico
Congro	640255	4179964	418	0,05	276	236	20,5	143	Maar (S.L)	Eurtófico
Furnas	26647045	4179743	280	1,87	2045	1485	12,5	14334	Cratera de Colapso	Eurtófico
Terceira										
Algar do Carvão	481299	4286535	500				15		Gruta lávica	
Graciosa										
Furna do Enxofre	26415874	4320017	92				10,6		Gruta lávica	
Pico										
Capitão	384991	4260744	790	0,03	300	122	4	58	Dep. Tectónica	Eutrófico
Caiado	390813	4257201	810	0,05	302	237	6	110	D. Indiferenciada	Mesotrófico
Peixinho	397544	4254688	867	0,02	214	135	7		D. Indiferenciada	Eutrófico
Rosada	396490	4254474	922	0,01	187	81	7		Cone escórias	Mesotrófico
Paúl	392412	4254082	785	0,4	342	255	1,7		Cone escórias	Mesotrófico
Seca	391340	4257186	776	0,004	99	55				
Flores										
Negra	652681	4367372		0,13	451	389	122		Maar (S.L)	Eutrófico
Comprida	25652973	4367020	515	0,05	496	155	17		Maar (S.L)	Oligotrófico
Funda	25653325	4363026	371	0,35	873	635	33,5		Maar (S.L)	Eutrófico
Rasa	25652795	43635008	527	0,1	423	323	17		Cone escórias	Oligo-mesotrófico
Lomba	25655802	4365461	650	0,02	177	152	16		Maar (S.L)	Mesotrófico
Corvo										
Caldeirão			398	0,32	914	560			Cratera de Colapso	Mesotrófico

A região mais antiga da ilha de São Miguel corresponde ao complexo Vulcânico do Nordeste com 4,01 M.A. (Abdel-Monem *et al.*, 1968).

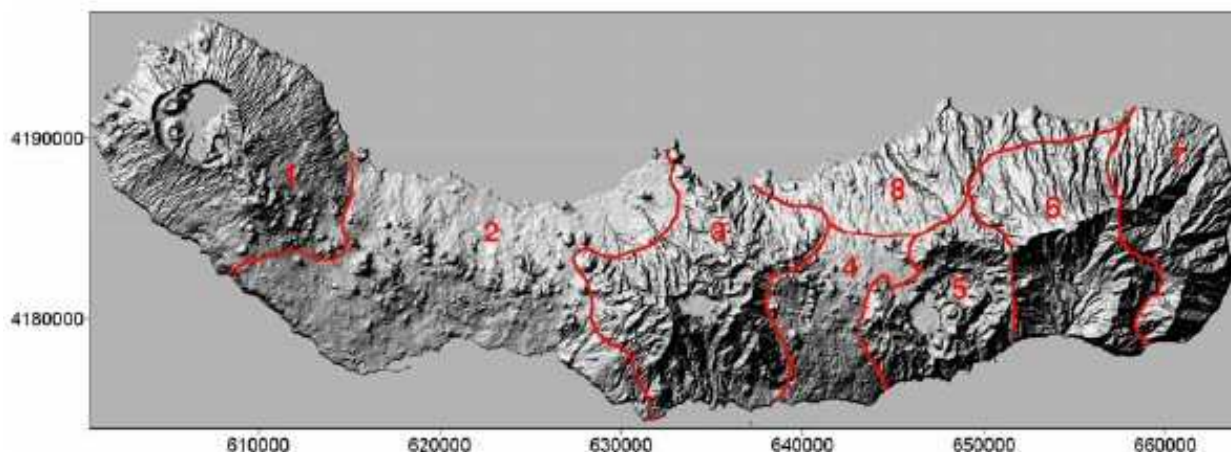


Fig. 3.8. Localização das principais unidades geomorfológica da ilha de São Miguel (Zbyszewski, 1961): 1 – O Maciço Vulcânico das Sete Cidades; 2 – A Região dos Picos; 3 – O Complexo Vulcânico da Serra de Água de Pau; 4 – O Planalto da Achada das Furnas; 5 – O Vulcão das Furnas; 6 – O Vulcão da Povoação; 7 – A Região da Tronqueira e do Nordeste; 8 – A Plataforma Litoral do Norte.

3.3.1.1. O Maciço Vulcânico das Sete Cidades

O Maciço Vulcânico das Sete Cidades situa-se no extremo W da ilha de São Miguel, está limitado pelo mar em grande parte do seu perímetro e faz fronteira com a região dos Picos na parte SE. Com um diâmetro de base entre os 12 e os 14 km, a área deste maciço é de 110 km² e a altitude máxima de 874 m, que corresponde ao vértice geodésico do Pico das Éguas localizado na Serra Devassa, considerado parte integrante dos alinhamentos dos cones de escórias existentes na região dos Picos.

Este complexo vulcânico corresponde a um vulcão poligenético com caldeira (Fig. 3.1) resultante da acumulação de depósitos vulcanoclásticos e de escoadas lávicas.

As arribas costeiras deste edifício revelam uma alternância de lavas e de material piroclástico, geralmente de origem pomítica, assim como as vertentes exteriores do vulcão expõem afloramentos de escoadas lávicas, sobretudo nas linhas de água. De uma forma geral o edifício vulcânico apresenta uma série de cones de escórias, cones de pedra-pomes, *maars* (*s.l.*) e domos.

A cratera do vulcão apresenta uma forma relativamente circular, com um diâmetro na ordem dos 5 Km. O interior da caldeira possui paredes abruptas com uma altura de 400 m e uma área da ordem dos 15 Km². Também se observam alguns aparelhos vulcânicos secundários no seu interior, cones de pedra-pomes, *maars* (s.l.) e domos, e três das lagoas estudadas nesta ilha, a Lagoa Azul, a Lagoa Verde e a Lagoa de Santiago (Zbyszewski, 1959 e 1961; Queiroz, 1990 e 1997).

As rochas mais antigas expostas na vertente Nordeste da região das Sete Cidades apresentam uma idade de 210000 ± 8000 anos B.P., datados pelo método K-Ar e, de uma forma geral, correspondem a mantos de natureza traquítica (s.l.) e domos existentes no sopé do edifício vulcânico (Moore, 1991). Feraud *et al.* (1980) determinaram uma idade de 64 000 anos em amostras das paredes interiores da caldeira, localizadas a SW da Lagoa Verde, através do mesmo método de análise.

Foram identificadas 22 erupções de natureza traquítica no interior da caldeira, desde que esta estrutura se formou, o que permitiu aferir um período de retorno de cerca de 1000 anos para o vulcanismo intracaldeira (Moore, 1991).

Segundo a classificação proposta por Pike e Clow (1981, *in* Cas e Wright, 1987) o vulcão das Sete Cidades inclui-se na *classe* 6 que corresponde aos vulcões alcalinos com caldeira à semelhança dos vulcões do Fogo e das Furnas.

3.3.1.2. *Complexo Vulcânico da Serra de Água de Pau*

O vulcão Central de Água de Pau, também designado por Fogo, localiza-se na parte central da ilha de São Miguel e faz fronteira a W com a região dos Picos, a E com o Planalto da Achada das Furnas e também está limitado a NE com a Plataforma Litoral do Norte (Fig. 2.7).

No entanto, não é possível determinar de forma rigorosa os limites deste aparelho a W e E devido à sua contiguidade com as regiões anteriormente descritas e por se encontrarem cobertas com os depósitos das erupções mais recentes (Wallenstein, 1999).

Esta estrutura corresponde a um edifício poligenético formado por uma acumulação de depósitos vulcanoclásticos e escoadas lávicas intercaladas. A parte emersa do edifício vulcânico apresenta um diâmetro basal N-S com cerca de 14 km, um diâmetro W-E à volta dos 12 km e uma altitude máxima de 949 metros,

localizada no marco geodésico do Pico da Barrosa. No topo do aparelho vulcânico existe uma caldeira com um diâmetro máximo de 3,2 km, delimitada por flancos abruptos, que variam entre os 100 e os 300 metros de altitude (Zbyszewski *et al.*, 1956; Moore, 1990).

Da base para o topo, a mudança de declive coincide com o afloramento de imponentes e espessas escoadas lávicas de natureza traquítica (s.l.) com limites por vezes subverticais, que constituem o núcleo central do topo cónico do aparelho vulcânico. O declive desta zona é amenizado pela cobertura considerável de depósitos piroclásticos provenientes, essencialmente, de erupções intracaldeira. A morfologia deste maciço está marcada por profundas linhas de água cuja distribuição e orientação reflectem um nítido controlo estrutural. O *graben* da Ribeira Grande, estrutura de direcção geral NW-SE localizado a N do aparelho vulcânico, reflecte a tectónica do local e condiciona a geometria da depressão sumital, como a distribuição dos diversos cones de escórias, cones de pedra-pomes, formas hidrovolcânicas deste maciço (Fig. 3.9).

O interior da cratera encerra uma área aproximada de 4,8 km² onde existem alguns charcos de reduzida dimensão. A Lagoa do Fogo que ocupa grande parte da caldeira. A forma do lago está condicionada pela existência de, pelo menos, quatro centros eruptivos, cujo último evento ocorreu em 1563-1564, integrado no grupo de sete erupções de natureza traquítica que ocorreram nos últimos 5000 anos (Booth *et al.*, 1978; Wallenstein, 1999).

Nos flancos junto à parte mais basal do edifício vulcânico, nas paredes a Este e Oeste da parte exterior do vulcão, existe um sistema de fracturas responsável por várias erupções basálticas, tendo nos últimos 3000 anos ocorrido uma erupção a cada 1000 anos (Wallenstein *et al.*, 2005).

Actualmente, a actividade vulcânica neste maciço consiste em processos associados à acção hidrotermal, particularmente, a algumas caldeiras de água termal e fumarolas, e de um importante campo geotérmico actualmente em fase de exploração com fluidos de temperatura superior a 300 °C.

3.3.1.3. O Planalto da Achada das Furnas

Esta região, que se situa entre os Vulcões da Água de Pau e das Furnas e está limitada a Norte pela Plataforma Litoral do Norte, é uma zona relativamente aplanada, cuja altitude média varia entre os 400 e os 500 metros e demarca-se por existirem numerosos cones de escórias, por vezes com mais de uma cratera, onde poderá residir pequenas lagoas.

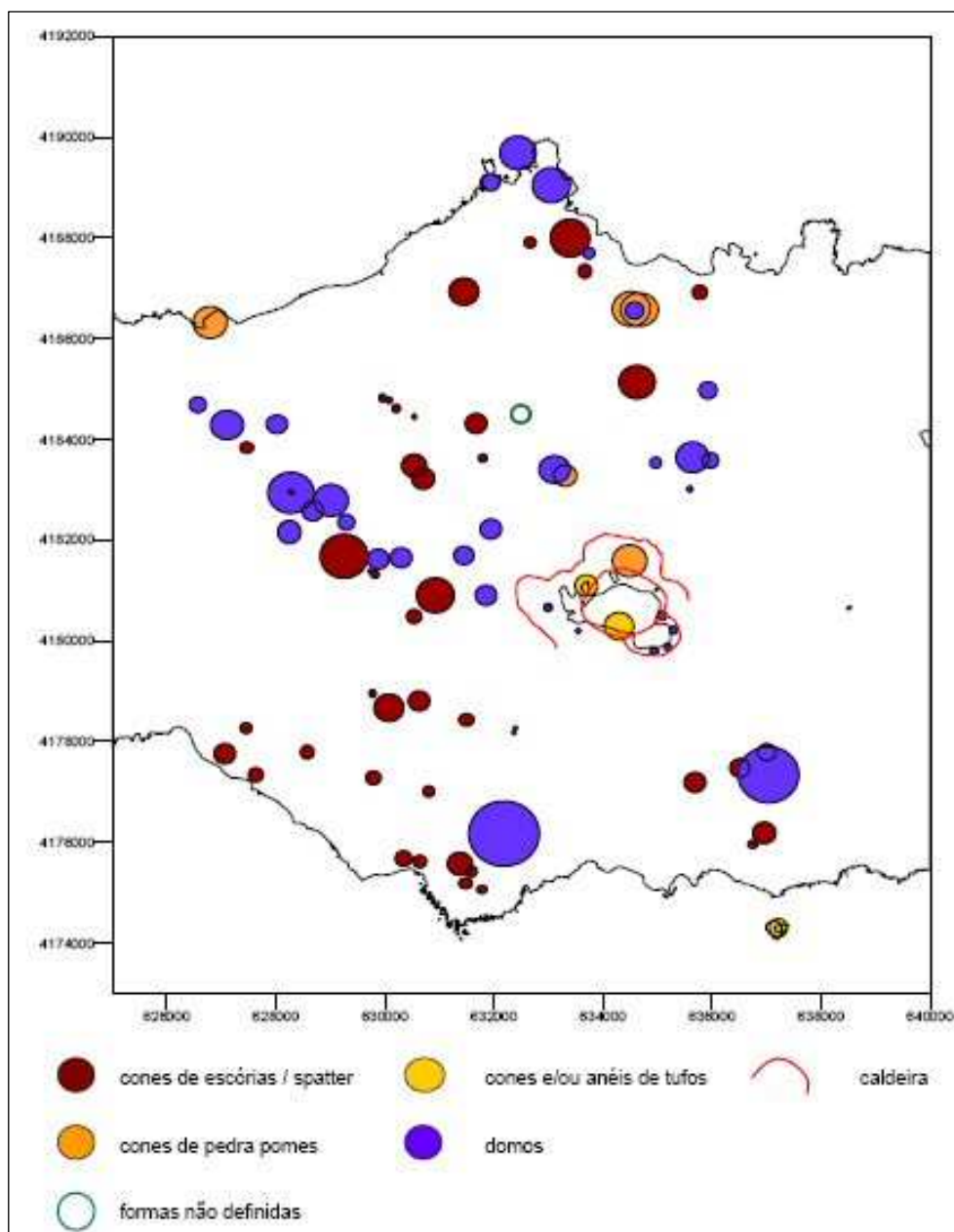


Fig. 3.9. Localização dos diferentes centros eruptivos segundo Wallenstein (1999). As circunferências apresentam uma dimensão proporcional ao diâmetro médio da base da forma (retirado de Pimentel, 2004).

Alguns dos aparelhos encontram-se alinhados ao longo de antigas fracturas com uma direcção sensivelmente de WNW-ESE e toda a região encontra-se coberta por um manto de material piroclástico heterogéneo (Zbyszewski, *et al.*, 1959).

A Lagoa do Congro localiza-se a 487 metros de altitude, dista cerca de 4,9 km para Este da Lagoa do Fogo e está confinada no interior de um Maar.

3.3.1.4. O Vulcão das Furnas

Sob a perspectiva geomorfológica definida por Zbyszewski (1961), o vulcão das Furnas está limitado entre o Planalto da Achada das Furnas, o Vulcão da Povoação e a Plataforma Litoral do Norte que se localizam respectivamente a Oeste, Este e a Norte do referido vulcão (Fig. 3.8).

Este sistema vulcânico, à semelhança dos vulcões das Sete Cidades e do Fogo, também é um imponente edifício poligenético com caldeira, que se distingue dos outros dois estratovulcões por ser o menos definido morfologicamente. De facto, existe um nítido contraste entre os flancos da costa Norte e os da costa Sul do vulcão. As vertentes a Norte apresentam-se mais suaves e, de uma forma geral, são constituídas por uma alternância de lavas e de níveis piroclásticos pomíticos, enquanto o flanco Sul apresenta uma escarpa abrupta para o mar (Zbyszewski, 1958).

O vulcão das Furnas foi e possivelmente continua a ser o sistema vulcânico activo que maior perigo representa não só para a ilha de São Miguel, mas para todo o arquipélago. A sua actividade vulcânica afigura-se complexa, uma vez que ao longo da sua história exibiu praticamente todos os estilos eruptivos conhecidos desde uma actividade moderadamente efusiva até ao carácter paroximal, responsável pela formação de caldeiras. As rochas mais antigas analisadas neste sistema apresentam uma idade com cerca de 100 000 anos (Moore, 1991; Guest *et al.*, 1999).

No topo do edifício é possível identificar duas caldeiras com várias fases de formação, que reflectem o somatório de inúmeros episódios vulcânicos magmáticos e hidromagmáticos de carácter predominantemente explosivo e de natureza traquítica (*s.l.*), aliados a uma considerável actividade tectónica e erosiva (Gaspar *et*

al., 1995). A formação da caldeira, à semelhança das restantes crateras de colapso existentes na ilha de São Miguel, é relativamente recente (Feraud *et al.*, 1980).

A caldeira mais antiga tem um diâmetro aproximado de 8x5 km e a Sul encontra-se parcialmente aberta para o mar, devido, possivelmente, ao colapso deste bordo da cratera associado a factores de ordem tectónica. Esta caldeira ter-se-á formado há cerca de 12 000 anos após a extrusão de pelo menos 7 km³ de material de natureza pomítica. A caldeira mais jovem, com um diâmetro à volta dos 6x3,5 km, encontra-se relativamente centrada na cratera mais antiga que na parte Este corta a parede da primeira cratera, expondo uma escarpa formada por lavas. Após a formação da segunda caldeira, mais duas erupções ocorreram no seu interior e estão relacionadas com o colapso do edifício formado. Uma destas erupções formou uma cratera com um diâmetro aproximado de 1,5 km e que actualmente se encontra ocupada pela Lagoa das Furnas, e a segunda ocorreu onde se encontra actualmente o centro da Vila das Furnas (Moore, 1991; Guest *et al.*, 1999).

Nos últimos 5000 anos ocorreram 10 erupções, subplinianas, plinianas e freatoplinianas, todas no interior da caldeira, e responsáveis pelos inúmeros cones de pedra pomes e *maars* (Booth *et al.*, 1978). A última erupção ocorreu em 1630 e, *grosso modo*, manifestou-se com uma magnitude subpliniana (Cole *et al.*, 1995).

Este sistema vulcânico apresenta um importante sistema de falhas que um dos grupos atravessa todo o maciço vulcânico segundo a direcção aproximada WNW-ESSE e caracteriza-se por apresentar uma nítida componente normal provavelmente associada a uma componente de desligamento direito responsável pela ocorrência de consideráveis abatimentos. A direcção de alguns canais de água sugere a existência de falhas E-W, direcção que coincide com o eixo principal da ilha e também associadas a antigas fracturas da crosta oceânica (Gaspar *et al.*, 1995; Queiroz, 1997; Guest *et al.*, 1999).

Um terceiro grupo de falhas distensivas encontra-se desde a Praia da Amora até à localidade da Ribeira Quente e demonstram uma direcção N-S (Gaspar *et al.*, 1995).

Actualmente, a actividade de origem mantélica manifesta-se sob a forma de um importante sistema hidrotermal que ocorre principalmente no interior da caldeira do vulcão das Furnas e manifesta-se através de inúmeras fumarolas e de uma

quantidade considerável de nascentes termais e minerais, de uma forma geral, ricas em dióxido de carbono.

3.4. A ilha Terceira

A ilha Terceira, a terceira maior ilha do Arquipélago dos Açores, situada no Grupo Central, possui uma forma relativamente alongada devido às estruturas tectónicas que a condiciona, nomeadamente à influência do Rifte da Terceira, estrutura que baliza os alinhamentos das principais estruturas vulcano-tectónicas com um alinhamento WNW-ESE e NW-SE (Rosenbaum, 1974; Fernandes, 1986).

A ilha possui um comprimento total de 31,5 km, medidos W-E, uma largura máxima de 19 km (N-S), uma área basal com cerca de 400 km² e o ponto mais alto da ilha situa-se na Caldeira de Santa Bárbara, localizado a W da ilha, com 1021 m de altitude.

É possível diferenciar 6 regiões distintas na ilha Terceira, as quais integram 4 vulcões coalescentes com caldeira: o Vulcão dos Cinco Picos (1), o Vulcão de Guilherme Moniz (2), o Vulcão de Santa Bárbara (3), o Vulcão do Pico Alto (4) e ainda o *Graben* das Lajes (5) e a Zona Fissural (6) (Fig. 3.10; Zbyszewski, 1968; Zbyszewski *et al.*, 1971; Self, 1976).

3.4.1. O Vulcão dos Cinco Picos

A estrutura mais antiga corresponde ao estrato-vulcão dos Cinco Picos, aparelho vulcânico de grandes dimensões e actualmente desmantelado, situado a Leste da ilha, com uma altitude máxima de 500 m. O diâmetro desta caldeira é de cerca de 7 km, aferido a partir do bordo NE, que corresponde à Serra do Cume e do bordo SW, que corresponde à Serra da Ribeirinha. A zona interior é relativamente plana onde se destacam alguns aparelhos secundários de onde ocorreram derrames lávicos e que se dispuseram em direcção à costa através da abertura localizada a SE das referidas Serras. Este vulcão formou-se durante o pliocénico médio, há cerca de 1 a 2 milhões de anos, e corresponde à primeira estrutura na edificação da ilha Terceira (Zbyszewski, 1968; Rosenbaum, 1974).

3.4.2. O Vulcão de Guilherme Moniz

A NW da Caldeira dos Cinco Picos localiza-se o Vulcão Guilherme Moniz que ocupa uma posição relativamente central à ilha, cuja morfologia se sobrepõe ao edifício anterior e surge no sentido da formação da ilha. Este edifício poligenético possui uma caldeira delimitada por escarpas abruptas e atinge uma altitude máxima de 632 m. Os flancos N e E da cratera encontram-se desmantelados ou cobertos pelos produtos de aparelhos mais recentes e fazem parte do complexo vulcânico do Pico Alto (Zbyszewski, 1968; Zbyszewski *et al.*, 1971; Madeira, 2000).

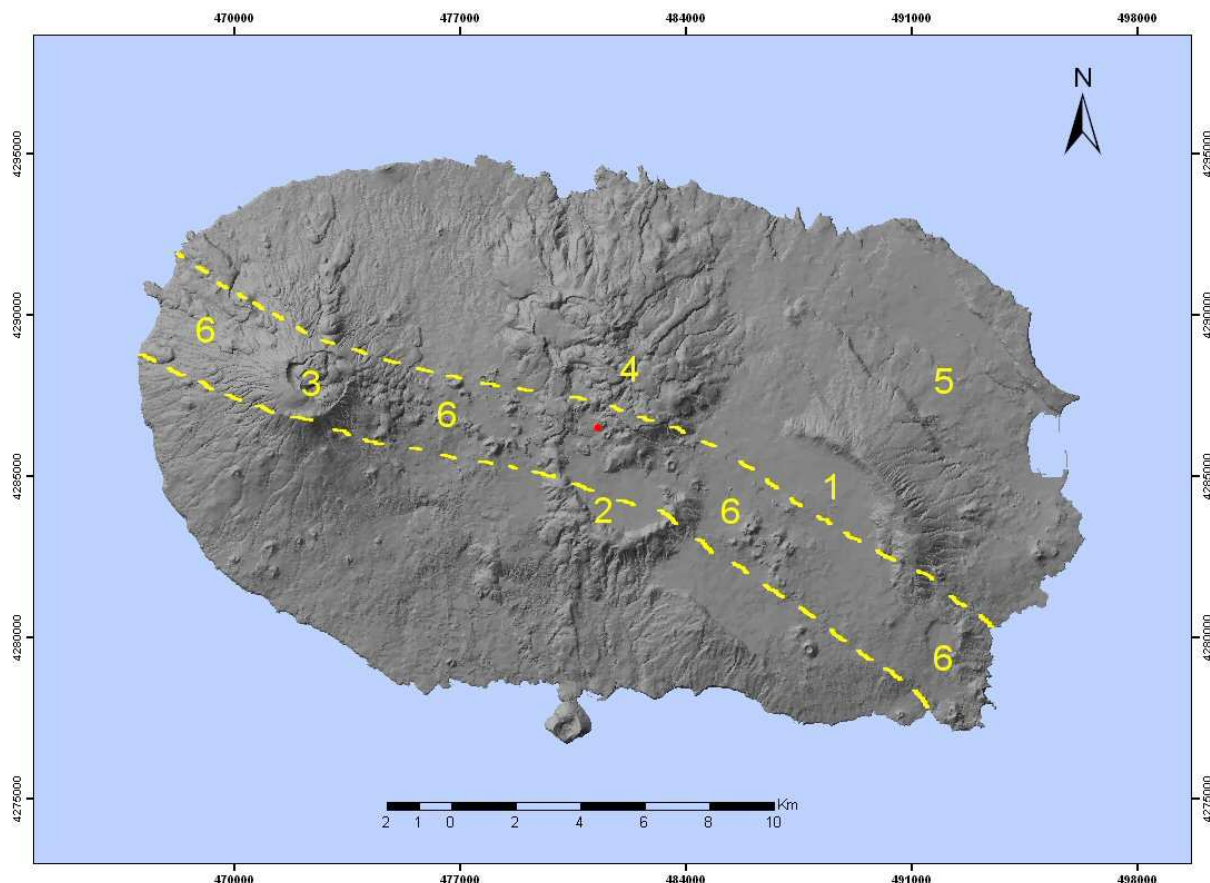


Fig. 3.10. Modelo digital da ilha Terceira representando as 6 regiões geomorfológicas. 1 – Vulcão dos Cinco Picos; 2 – Vulcão de Guilherme Moniz; 3 – Vulcão de Santa Bárbara; 4 – Vulcão do Pico Alto; 5 – *Graben* das Lajes; 6 – Zona Fissural (adaptado de Zbyszewski, 1968; Zbyszewski *et al.*, 1971 e Self, 1974, 1976); ● Localização do Algar do Carvão.

3.4.3. O Vulcão de Santa Bárbara

No final do pliocénico, forma-se o Vulcão de Santa Bárbara que acaba por coalescer com a caldeira Guilherme Moniz. Este edifício possui uma caldeira com um diâmetro de 2 km, que se formou há cerca de 25000 anos e actualmente atinge uma altitude de 1021 m (Lloyd e Collis, 1981). Esta estrutura corresponde ao maior complexo vulcânico da ilha que, de uma forma geral, corresponde a um aparelho

poligenético. No interior da caldeira, com 150 m de profundidade, existem vários domas e *coulées* de natureza traquítica.

3.4.4. O Vulcão do Pico Alto

O Vulcão do Pico Alto é apontado como o edifício mais jovem da ilha Terceira, juntamente com o vulcão de Santa Bárbara (Madeira, 2000). Esta estrutura, localizada imediatamente a Norte do Vulcão Guilherme Moniz, corresponde a um grande conjunto vulcânico dividido em vários centros eruptivos e atinge uma altitude de 808 m (Zbyszewski, 1968). O interior da caldeira é preenchido na sua quase totalidade por domas e *coulées*.

3.4.5. O Graben das Lajes

O *graben* das Lajes, situado na parte NE da ilha, corresponde a uma estrutura de origem tectónica delimitada por duas falhas bem desenvolvidos, com orientação média N40-45W e um comprimento à volta dos 8km. A falha das Lajes (NE) dista cerca de 3 Km da falha das Fontinhas (SW) e ambas delimitam esta estrutura (Zbyszewski, 1968; Fernandes1986).

Um segundo *graben*, de menor expressão morfológica, existe a SE do Vulcão de Santa Bárbara e está delimitado por duas falhas de direcção média N50-55W. Estas falhas convergem gradualmente para NW e, são perceptíveis morfológicamente através do alinhamento de domas traquíticos do Vulcão de Santa Barbara (Madeira, 2000).

3.4.6. A Zona Fissural

Self (1974, 1976) definiu a Zona Fissural como uma faixa de 2 km de largura e direcção geral WNW-ESSE, que atravessa o interior da ilha, desde o flanco NW do Vulcão de Santa Bárbara, transpõe a caldeira Guilherme Moniz e o flanco desmantelado a SE da caldeira dos Cinco Picos e prossegue até à costa. As Furnas do Enxofre, localizadas na zona central da ilha, correspondem ao sector activo da ilha e se situam na designada Zona Fissural.

O Algar do Carvão, gruta vulcânica que encerra uma pequena lagoa no seu interior, situa-se em plena Zona Fissural definida por Self (1974, 1976), localizada a norte da caldeira de Guilherme Moniz, a uma altitude de 500 m e associada ao vulcanismo do Pico Alto, a Norte, que coalesceu com o vulcão referido anteriormente (Fig. 3.11).

Esta estrutura formou-se ao longo de duas fases. A primeira, ocorreu acerca de 3200 anos BP, em que o edifício emitiu lavas muito fluidas. A formação do cone de escórias surgiu mais tarde, aproximadamente entre os 1700 a 2100 anos BP.

A lagoa encontra-se a uma profundidade de 80 metros, em relação à boca do cone do vulcão que apresenta uma abertura de 17 m por 27 m e paredes verticais nos primeiros 45 m de desnível (SRAM).

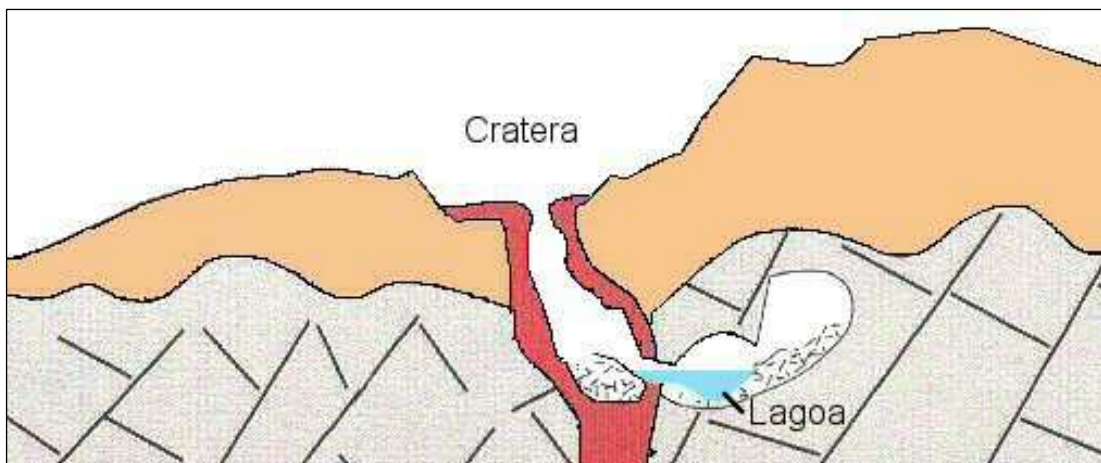


Fig.3.11. – Esquema interpretativo do interior do Algar do Carvão (adaptado de Nunes *et al.*, 2004).

3.5. A ilha Graciosa

A ilha Graciosa, que se situa mais a Norte das ilhas que formam o Grupo Central, posiciona-se no alinhamento denominado *Rifte* da Terceira (Machado, 1959). A superfície desta ilha, quando comparada com as restantes ilhas, apresenta uma das menores áreas com apenas 61,5 km². Possui um comprimento máximo de 13 km (NW-SE) por 7 km de largura. Também apresenta altitudes relativamente baixas, sendo o ponto mais alto o bordo SE da caldeira, localizada a SE da ilha, com 402 m.

Da análise geomorfológica e estrutural constata-se que a ilha apresenta 4 unidades principais: a Região Baixa do NW da ilha; a Serra das Fontes; o Maciço da

Serra Branca e da Serra Dormida e o Maciço da Caldeira (Fig. 3.12; Zbyszewski, *et al.*, 1972).

3.5.1. A Região baixa do NW da ilha

Esta área da ilha caracteriza-se pela sua morfologia relativamente aplanada e que não ultrapassa os 200 m de altitude. É formada por extensos derrames de lavas basálticas, onde pontuam uma série de cones de escórias, com a particularidade de alguns apresentarem, por vezes, mais de uma cratera e estarem alinhados ao longo de fracturas de direcção NW-SE (Zbyszewski, 1970).

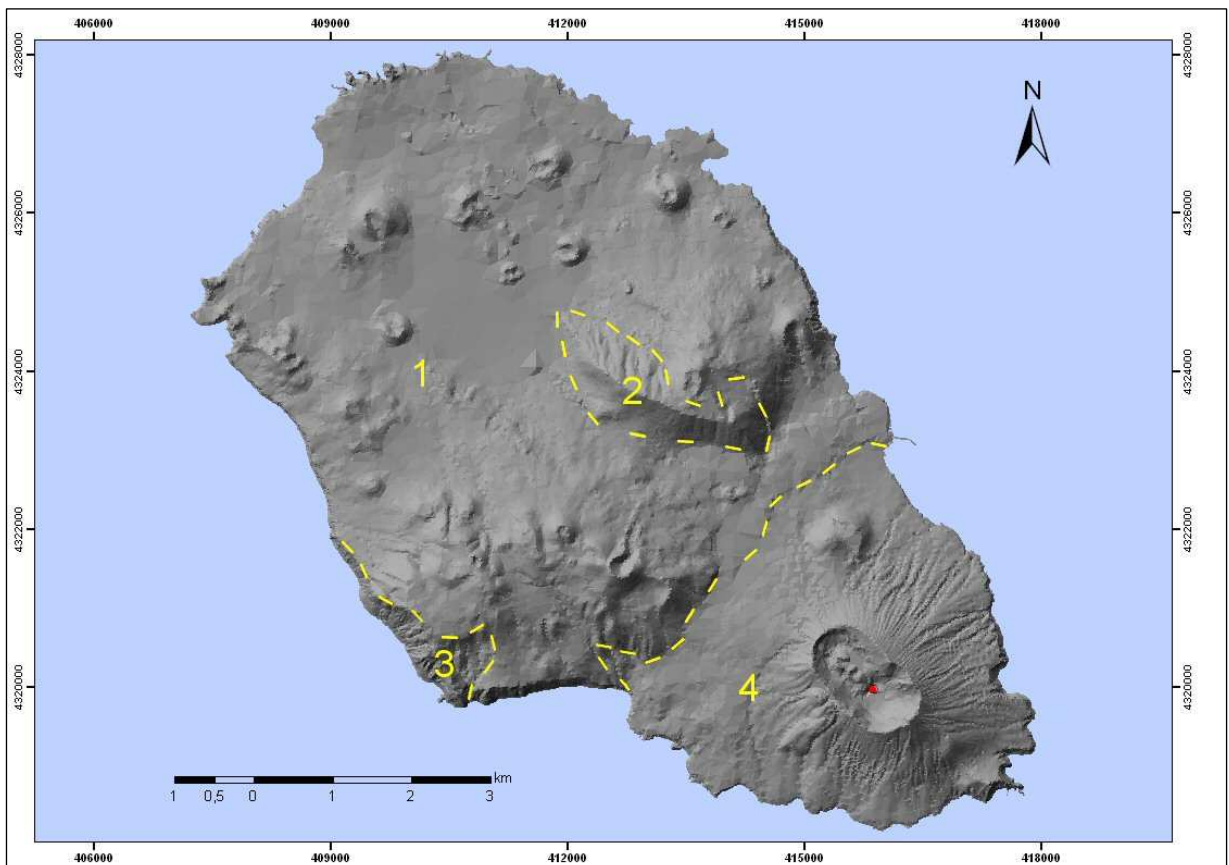


Fig. 3.12. Modelo digital da ilha da Graciosa representando as 4 regiões geomorfológicas. 1 – A Região Baixa do NW da ilha; 2 - A Serra das Fontes; 3 - O Maciço da Serra Branca e da Serra Dormida e 4 - O Maciço da Caldeira, (adaptado de Zbyszewski, 1970; Gaspar, 1996); ● Localização da Furna do Enxofre.

3.5.2. A Serra das Fontes

Situa-se na zona central da ilha Graciosa e apresenta uma altitude máxima, no Pico do Facho, com 375 m. Formada por um aparelho vulcânico basáltico, esta Serra apresenta uma cratera com forma oval de orientação N-S. As falhas de direcção NW-SE e NE-SW, localizadas nos flancos S e E da respectiva serra, decerto que contribuíram grandemente para o declive acentuado que a mesma apresenta (Zbyszewski, *et al.*, 1972).

Esta estrutura é formada por uma sucessão de escoadas lávicas subaéreas de natureza basáltica (*s.l.*), normalmente ricas em fenocristais (Gaspar, 1996).

Segundo Féraud *et al.* (1980), este complexo vulcânico é o mais antigo da ilha, com uma idade de 620000 ± 120000 anos determinada a partir do método K/Ar.

3.5.3. O Maciço da Serra Branca e da Serra Dormida

Este complexo vulcânico é constituído por dois maciços separados por uma ligeira depressão NW-SE, que obedece à direcção do sistema de falhas com maior expressão à superfície e ao posicionamento da própria ilha (Zbyszewski, 1970; Gaspar, 1995). Esta estrutura ocupa a região a Sul da Serra das Fontes e a Serra Dormida atinge uma altitude máxima no Pico do Timão, com 398 m. A Serra Branca, situada entre a Serra Dormida e a costa, atinge os 360 m de altitude no Pico das Caldeirinhas. Ambos os maciços são formados na sua base por projecções de natureza traquítica e por material de origem mais recente na parte superior dos mesmos, com a instalação de diversos cones de escórias (Zbyszewski, 1970; Zbyszewski, *et al.*, 1972).

Féraud *et al.* (1980), determinaram uma idade absoluta de 350000 ± 40000 para a Serra Branca, através do método K/Ar, verificando-se, deste modo, que este complexo e o da Serra das Fontes representam as unidades mais antigas da ilha. No entanto, o contacto entre estas duas estruturas não se apresenta evidente (Gaspar, 1996).

3.5.4. O Maciço da Caldeira

O Maciço da Caldeira, vulcão poligenético que representa a estrutura vulcânica mais expressiva da ilha, ocupa toda a região SE da ilha Graciosa. Este edifício possui uma caldeira de forma elíptica, com um comprimento de 1625 m, por 875 m

de largura e uma profundidade de 350 m. O bordo da caldeira é dissimétrico, atinge uma altitude máxima de 402 m na parte SE, enquanto que a extremidade NW possui 250 m (Zbyszewski, *et al.*, 1972).

Esta estrutura apresenta uma área aproximada de 16 km², um volume à volta dos 2,9 km³ e é formada por uma alternância de depósitos vulcanoclásticos e escoadas lávicas que, exceptuando o flanco SE, apresentam declives relativamente suaves (Gaspar, 1996).

No interior da caldeira existem diversos aparelhos secundários formados por cones de cinzas e de escórias e por hornitos. No extremo SE da caldeira encontra-se implantada uma gruta lávica, em forma de cúpula, e que atinge cerca de 47 metros de altura na sua parte central (Zbyszewski *et al.*, 1972).

A formação da Furna do Enxofre poderá estar relacionada com o período subsequente à formação da caldeira, no qual ocorreram episódios manifestamente de carácter efusivo, que culminaram com a formação de um lago de lava, cuja conduta principal se deverá ter situado no local onde actualmente se encontra a Furna do Enxofre. A descida do nível do lago de lava poderá ter resultado de drenagem através de uma fractura submarina, podendo a Furna do Enxofre ter adquirido a sua forma actual em resultado dos reajustamentos que sucederam à drenagem da lava e que conduziram ao preenchimento dos vazios criados na complexa rede de fracturas da conduta principal do vulcão (Gaspar, 1996).

No seu interior existe um campo fumarólico constituído por uma fumarola com água (*boiling pool*), bem como por emanações gasosas secas no próprio chão da gruta (*steaming ground*). O constituinte principal dos componentes secundários destas emissões gasosas é o CO₂ que no *boiling pool* se associa a vapor de água, H₂S e o H₂, enquanto no *steaming ground* se mistura o N₂ (Ferreira *et al.*, 1993).

No fundo da Furna do Enxofre localiza-se um lago com uma profundidade que não excede os 10 metros e que se situa a uma cota inferior relativamente à abertura para o interior da cúpula.

3.6. A ilha do Pico

A ilha do Pico, a segunda maior ilha dos Açores e a maior do Grupo Central com cerca de 548 Km², apresenta uma disposição de direcção WNW-ESE, que obedece

ao maior comprimento da mesma, com cerca de 46 km, medidos entre a Vila da Madalena e a extremidade E da ilha. A maior largura é medida no sector W com 16 km e é também nesta região que se localiza a Montanha do Pico, estrutura com uma altitude de 2351 m, a maior elevação do País e a terceira maior situada no Atlântico, a seguir ao Vulcão do Teide com 3718 m, e do Vulcão do Fogo com 2829 m, localizados respectivamente no Arquipélago das Canárias e de Cabo Verde.

Sob o ponto de vista geomorfológico e estrutural, é possível dividir a ilha em 3 regiões principais: a Montanha do Pico; o Planalto da Achada; e a Montanha do Topo (Zbyszewski *et al.*, 1963a, 1963b, Fig. 3.13).

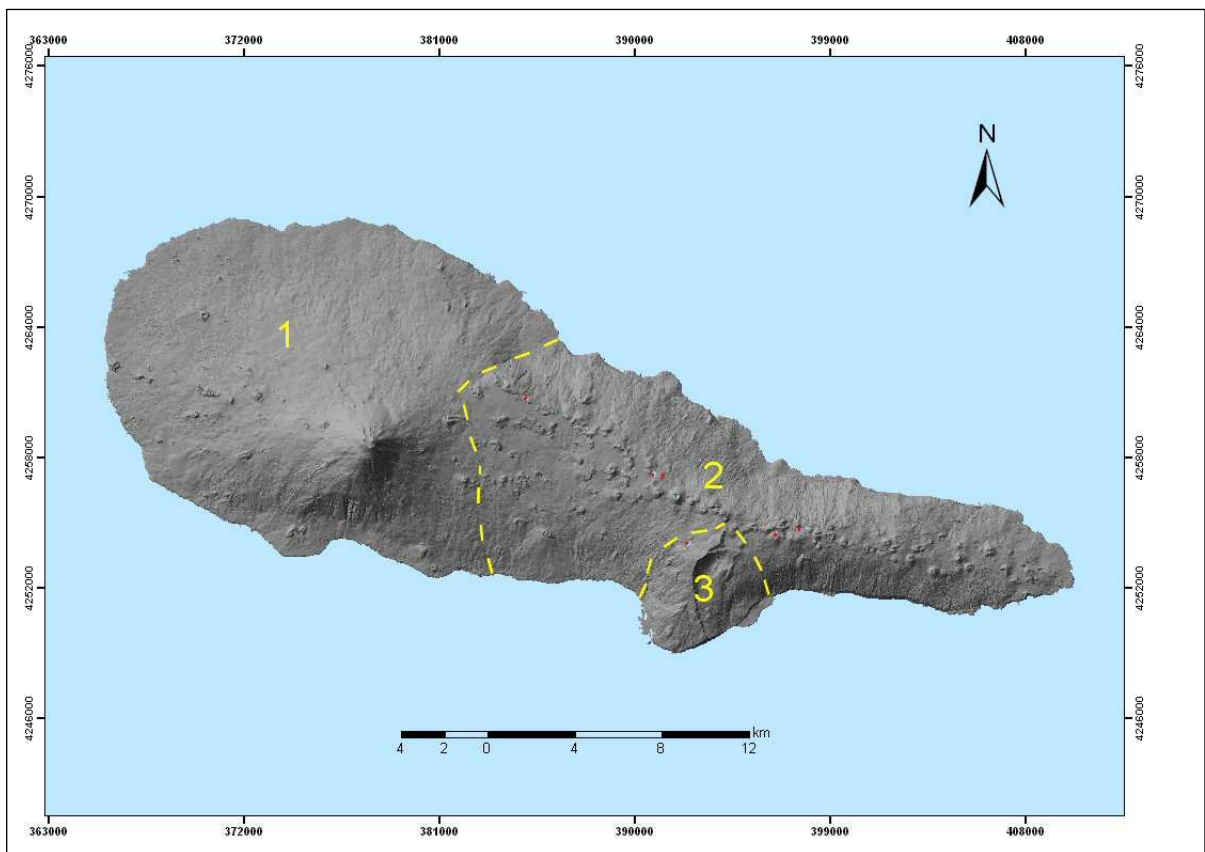


Fig. 3.13. Modelo digital da ilha do Pico representando as 3 regiões geomorfológicas. 1 – A Montanha do Pico; 2 - O planalto da Achada e 3 A Montanha do Topo (adaptado de Zbyszewski *et al.*, 1963a, 1963b; Nunes, 1999); ● Localização dos lagos estudados.

3.6.1. A Montanha do Pico

Como foi referido anteriormente, a Montanha do Pico e todas as estruturas associadas, designadas por Zbyszewski (1963a) como “dependências da Montanha do Pico”, correspondem à parte mais ocidental da ilha e apresentam uma forma aproximadamente elíptica na base. Este complexo vulcânico possui um diâmetro

aproximado de 16 km e a montanha, centrada a SE em relação à base da região, domina o relevo neste sector da ilha.

Woodhall (1974) refere que este complexo é o mais jovem da ilha do Pico, sendo esta ilha a mais recente dos Açores.

Segundo Nunes (1999), a montanha do Pico corresponde a um estratovulcão com um volume de material emitido de 97 km³. Este edifício é constituído, essencialmente, por derrames lávicos provenientes do topo do vulcão e por vários cones secundários existentes nos seus flancos.

Curiosamente, verifica-se, de um modo geral, a inexistência de depósitos piroclásticos, normalmente associados a este tipo de vulcanismo, que poderão estar cobertos sob o espesso manto lávico característico deste complexo e que apresenta algares, furnas, túneis e hornitos (Zbyszewski *et al.*, 1963a).

O cone do vulcão apresenta declives mais acentuados a partir do 1100 a 1200 metros de altitude e culmina numa cratera situada sensivelmente aos 2250 metros. Esta cratera tem um diâmetro que varia entre os 550 e os 590 m e está limitada a W e S por paredes verticais com uma altura máxima de 22 m. Os flancos a W e S desmoronaram, provavelmente, devido a fenómenos atmosféricos, ao forte declive que existe no topo do edifício e ao conjunto de falhas circulares existentes neste local.

O interior da cratera está parcialmente ocupado com o designado Piquinho, cone vulcânico formado pela acumulação de lavas com origem na cratera central, localizado na parte NE da cratera e que também poderá ter contribuído no colapso das paredes a W e S. Esta estrutura, de aproximadamente 125 m de altura, possui no topo emissões gasosas. Na base da caldeira existe uma fractura de direcção WSW-ENE, que emitiu uma pequena quantidade de piroclastos, e actualmente faz parte do campo fumarólico local, com temperaturas máximas na ordem dos 76 °C. Esta fractura estende-se para o exterior da caldeira fazendo parte do conjunto de fracturas radiais do vulcão (Zbyszewski *et al.*, 1963a; Madeira, 1998; França, 2002).

3.6.2. O Planalto da Achada

O Planalto da Achada corresponde ao sector E da ilha do Pico que, *grosso modo*, apresenta uma forma relativamente triangular, sendo mais largo na extremidade W,

com 11,3 km e estreitando na direcção E, apresentando as vertentes N e S do planalto grandes declives. Segundo Woodhall (1974), este sector da ilha apresenta uma idade intermédia.

A área planáltica, que se desenvolve a cotas entre os 400 e os 900 m, apresenta uma forma congruente com este sector da ilha, tem uma largura máxima de 5 km a W e na parte mais a E não excede os 2 km. A sua superfície expõe um conjunto de alinhamentos vulcano-tectónicos com orientação WNW-ESE a W-E responsável pela actividade vulcânica fissural, de natureza basáltica. Esta zona apresenta centenas de centros vulcânicos monogenéticos dispersos na sua superfície, muitas vezes disposta em alinhamentos (Zbyszewski *et al.*, 1963a, 1963b; Madeira, 1998; Nunes, 1999; França, 2002).

Algumas destas estruturas encerram no topo das suas crateras pequenas lagoas que funcionam como reserva de água no apoio à pecuária e ao abastecimento público.

3.6.3. A Montanha do Topo

O complexo Vulcânico do Topo situa-se na zona Sul do Planalto da Achada, sensivelmente na zona intermédia e forma um premontório em relação à linha de costa.

Esta estrutura inclui um vulcão muito degradado, possivelmente um vulcão central em escudo, responsável pelos derrames basálticos existentes nesta região. Associado a este edifício existem outras estruturas, nomeadamente a E, duas antigas crateras ou caldeiras vulcânicas, que no seu conjunto constituem uma estrutura irregular e anterior à unidade geomorfológica onde se encontra inserida. Neste sentido, este complexo possui as formações geológicas mais antigas da ilha, com idades que variam entre os 250000 e os 300 000 anos. Esta região possui uma área total de 18 km² e um volume subaéreo com cerca de 8 km³ e o ponto mais alto culmina precisamente no Pico do Topo com 1022 m (Zbyszewski *et al.*, 1963a, 1963b; Madeira, 1998; Nunes, 1999; França, 2002).

3.7. A ilha das Flores

Como referido anteriormente, a ilha das Flores juntamente com a ilha do Corvo, estão localizadas na designada Placa Americana, sendo esta ilha a mais Ocidental do arquipélago.

Morfológicamente a ilha apresenta uma forma elíptica imperfeita, em que o eixo máximo (N-S) não ultrapassa os 17 km, bem como a sua largura (W-E) não excede os 12,5 km, e possui uma área plana com cerca de 145 km³. A linha de costa, *grosso modo*, é formada por paredes verticais com alturas consideráveis e algumas fajãs em redor da ilha.

O interior da ilha é caracterizado por um extenso planalto na sua zona central, designado por *plateau* Central, situado entre as cotas dos 500 m e os 915 m, localizando-se o ponto mais elevado no Morro Alto. Esta região representa 40% de toda a área plana da ilha (Azevedo, 1998). Zbyszewski *et al.* (1968) dividem este planalto central em dois traços: o “degrau setentrional” mais alto, situado entre os 600 a 700 m de altitude, e o “degrau meridional mais baixo onde se localizam alguns aparelhos vulcânicos de aspecto mais moderno.

A génese do edifício insular da ilha das Flores e do Corvo teve início no Miocénico superior. Por seu turno, a fase subaérea, na ilha das Flores, está datada de 0,7 Ma BP e resultou de um processo de crescimento denominado por justaposição, resultando da instalação de novos aparelhos vulcânicos no interior ou nos flancos dos edifícios vulcânicos anteriores, nomeadamente de dois ou três grandes centros emissores mais antigos, em detrimento de um processo vulcânico vincadamente linear ou fissural, como o verificado noutras ilhas dos Açores, designadamente, observado nas ilhas de S. Jorge e do Pico. A actividade vulcânica nesta ilha cessou por volta de 3000 anos A.C (Azevedo, 1998).

Zbyszewski *et al.* (1968) identificaram 5 complexos vulcânicos principais que correspondem a diferentes fases eruptivas e que são, das mais antigas para as mais recentes: (1) *Complexo piroclástico antigo do lajedo*, que corresponde ao período de formação da ilha caracterizado por um vulcanismo mais explosivo. Existem três grupos de afloramentos relativos a estes complexos situados no extremo SW da ilha, nas arribas do litoral NW e na ponta N da ilha. (2) *Complexo andesítico e basáltico antigo da periferia do planalto central*, está dividido numa parte inferior e é

constituído por andesitos e por uma parte superior caracterizada por derrames basálticos com origem mais provável na área do Planalto Central. Esta estrutura aflora, principalmente, em toda a zona litoral, com excepção entre as localidades de Fazenda de Santa Cruz e Caveira localizadas a E, e chega a atingir uma espessura com cerca de 600 m. (3) *Complexo traquítico e andesítico de tons claros*, sobrepõe-se aos complexo anteriores e expressa-se pontualmente em toda a ilha. (4) *Complexo andesítico e basáltico do planalto central*, é caracterizado por lavas originárias por diferentes centros eruptivos espalhados por toda a região do planalto central e a maioria dos lagos situados nesta área encontram-se no interior de aparelhos vulcânicos que pertencem a este complexo. Os derrames lávicos ocorreram na sua generalidade para a costa Norte e Este. (5) *Erupções modernas de andesitos peridóticos do monte das cruzeiras (Santa Cruz) e do vale das Lajes; erupções basálticas da Fazenda de Santa Cruz e da Fajã Grande*, correspondem na sua generalidade a pequenos centros emissores e que contribuíram para a edificação de Fajãs em diversos locais da ilha, nomeadamente, na formação da plataforma onde se situa a Vila de Santa Cruz e o Porto, e do porto da Fajã Grande.

Azevedo (1998) caracteriza a fase insular como a sucessão de três períodos de actividade vulcânica separados por duas etapas de dormência em relação às manifestações de vulcanismo maior: (1) Numa primeira fase ocorre a continuação ou incremento dos movimentos verticais positivos que ocorrem na passagem do processo proto-insular para o insular entre os 700000 e os 600000 anos BP; (2) A segunda fase caracteriza-se pela inversão na tendência positiva dos movimentos vulcanotectónicos verificada na fase anterior, iniciou-se sensivelmente à 550000 anos BP e decorre até ao presente. Este período está dividido em 3 etapas. A primeira etapa desenvolveu-se entre os 550000 e os 400000 anos BP e compreende os movimentos verticais negativos. Numa segunda etapa, que decorreu sensivelmente entre os 400000 e os 200000 anos BP, onde se verifica a interrupção ou inversão na tendência subsidente. A última etapa, com início à 200000 anos BP e que se estende até aos dias de hoje, é marcada pelo recomeço ou continuação do processo de subsidência que caracteriza a primeira etapa. Este processo envolve todo o edifício insular e ocorre associado ao processo geral de subsidência da crosta oceânica e (3) A última fase caracteriza-se pela diminuição progressiva da fracção

insular subaérea resultante da actividade dos agentes erosivos e do processo geral de subsidência acima referido.

Os Lagos designados por Caldeira Rasa e Caldeira Funda, situados a Sul do Maciço Central, e os lagos localizados mais a norte destes, a NW do designado Maciço Central, estão implantados em estruturas do tipo *Maar*, caracterizados por apresentarem as paredes interiores do edifício vulcânico quase verticais (Morisseau, 1987).

A Lagoa Negra apresenta um diâmetro máximo à superfície da água de, aproximadamente, 450 m e uma profundidade à volta dos 120 m. A cratera deste edifício possui um diâmetro máximo de 640 m e uma forma relativamente circular.

A cratera da Lagoa Comprida, situada a SE e justaposta com a cratera que encerra a Lagoa Negra, também está implantada num *Maar*. Esta lagoa localizada a 515 m de altitude, com um comprimento de 500m por 150 m de largura e uma profundidade máxima de 16,5 m, apresenta uma forma alongada devido, provavelmente, à sua génese relacionada com 3 crateras justapostas (Morisseau, 1987).

3.8. A ilha do Corvo

O Corvo é a menor ilha do Arquipélago dos Açores, com uma área plana de 17,1 km². Apresenta um comprimento e largura máximos com cerca de 6,3 por 4 km respectivamente, e a maior altitude da ilha localiza-se no bordo Sul da Caldeira do Caldeirão com 718 m (Estreitinho).

A morfologia da ilha denota declives consideráveis, correspondendo as áreas de menor inclinação à plataforma da Vila do Corvo e ao interior da Caldeira (Dias, 2001).

Esta ilha, de uma forma geral, é formada por um único vulcão central (Caldeirão), cuja caldeira tem um diâmetro de 2300 m (N-S) e de 1900 m (W-E). Este vulcão é essencialmente basáltico e o vulcanismo mais recente corresponde a dois cones de escórias situados na parte litoral oriental da ilha. Zbyszewski *et al.*, (1967), definiu seis fases eruptivas na formação deste edifício insular.

Estudos vulcanoestratigráficos recentes estabeleceram quatro fases principais na reconstituição da história vulcânica desta ilha (França *et al.*, 2003).

A formação mais recente compreende essencialmente materiais de natureza epiclástica, de entre os quais (1) importantes depósitos aluviais localizados no fundo do Caldeirão e os depósitos torrenciais/de enxurrada associados às linhas de água; (2) depósitos de vertente, que se encontram melhor expressos nas arribas da ilha do Corvo, em especial a W, N e SW da ilha, bem como na base da arriba fóssil da Vila Nova do Corvo, e que estão associados sobretudo a quebradas e a desmoronamentos e (3) cascalheiras de praia, que se observam na base das arribas em muitos locais da ilha;

Uma segunda fase, formação Pós-Caldeira, que incluem (1) a escoada basáltica *s.l.*, de textura afírica exibindo raros cristais de plagioclase, oriunda da zona do “Pão de Açúcar” e que se desenvolve sobre o delta (ou fajã) lávico da Vila Nova do Corvo, com uma direcção aproximada NNW-SSE, terminando no Alto do Moinho/Ponta Negra; (2) os cones de piroclastos e de *spatter* intra-caldeira (e.g. Montinho do Queijo, Cachimbo, Malaguetas) e (3) o cone de escórias da Cova Vermelha (Cortinhas) e as lavas a ele associadas;

A formação Sin-Caldeira, que engloba os depósitos pomíticos, plinianos a subplinianos, os *lahars*, os *surges* e outros fluxos piroclásticos associados ao colapso do edifício vulcânico e à formação do Caldeirão;

Uma última fase, designada como Vulcanismo Ante-Caldeira, onde se pode individualizar a unidade superior, a unidade inferior e as formações submarinas. Neste contexto (1) engloba-se na unidade superior, os Cabeços da Coroa do Pico, do Morro da Fonte (bem como a fajã constituída pelas lavas por ele emitidas) e os dois cones soterrados da Ribeira do Feno e da Ribeira do Cerrado das Vacas (Fig. 4); (2) inclui-se na unidade inferior a sequência de escoadas lávicas compostas (*pahoehoe* e *aa*), predominantemente observáveis no lado oriental da ilha e que integram o vulcão em escudo (*shield volcano*) primitivo, os depósitos estrombolianos que se encontram preferencialmente nas arribas W e NW da ilha, as escoadas que os sobrepõem e, ainda, os filões que as alimentam; e (3) as formações submarinas, que integram os depósitos hidromagmáticos de piroclastos submarinos que ocorrem na base das arribas SW e N da ilha do Corvo.

4. HIDROGEOQUÍMICA

4.1. Considerações Gerais

O estudo hidrogeoquímico dos lagos seleccionados baseou-se na recolha periódica de amostras de água, ao longo da coluna de água, nos diferentes sistemas estudados.

Foi determinado um ponto de amostragem por lago, excepção feita à Lagoa das Furnas, inicialmente com três pontos de amostragem e que a partir de 20 de Fevereiro de 2006 passou a dois locais. A razão de um maior número de sítios de colheita prende-se com o facto de existir uma zona de desgaseificação junto à margem NNE e se pretender investigar se existiriam diferenças no quimismo da água em diferentes pontos do lago. As colheitas foram efectuadas sempre no mesmo local, assinalado por bóias que marcam o local de maior profundidade.

A selecção dos lagos estudados e a existência de um único ponto de amostragem por lago baseou-se no estudo efectuado anteriormente pelo autor (Antunes, 2003) e na teoria de Lagragian, relativa ao movimento laminar existente nestes sistemas lacustres. Deste modo, é possível caracterizar as propriedades físicas e químicas, destes sistemas lacustres com um único ponto de amostragem por lago.

As colheitas de água, realizadas ao longo da coluna de água no período mais quente do ano (Verão), foram efectuadas com um menor intervalo relativamente às realizadas no Inverno. Esta necessidade deriva da ocorrência da estratificação da água causada pela variação da densidade devido à temperatura que ocorre, na generalidade, dos lagos estudados, de forma a se compreender o gradiente térmico e eventuais implicações nos processos hidrogeoquímicos dos sistemas.

O plano de amostragem inicialmente delineado foi condicionado pela crise sismovulcânica ocorrida no Complexo Vulcânico do Fogo (ilha de São Miguel) no início de Maio de 2005. Atendendo à ocorrência do fenómeno em questão, e aos objectivos propostos pela presente dissertação, iniciou-se o levantamento de campo neste período, incidindo, inicialmente, as amostragens nas Lagoas do Fogo e do Congro, que se localizam na área em questão.

A colheita de amostras de água nos lagos localizados fora da ilha de São Miguel obedeceu à logística disponível durante o período do presente estudo, resultando num número inferior de campanhas efectuadas comparativamente com o número realizado na ilha de São Miguel.

Foram efectuadas duas campanhas à ilha do Pico no mês de Setembro de 2005 e Junho de 2006. Na ilha terceira efectuou-se quatro recolhas, duas no ano de 2005 nos meses de Junho e Dezembro, uma no ano de 2006 no mês de Maio e uma última a Fevereiro de 2007. O mesmo número de campanhas foi efectuado à ilha da Graciosa, nos meses de Julho e Dezembro de 2005 e a Julho e Novembro de 2006.

Relativamente aos lagos da ilha das Flores foram amostrados em Julho de 2005, Maio de 2006 e Julho de 2007).

Os dados coligidos permitiram efectuar uma caracterização Hidrogeoquímica rigorosa e verificar a distribuição temporal e espacial dos parâmetros físicos e químicos, que reflectem a dinâmica que ocorre nos diferentes sistemas lacustres (Anexo em CD-ROM).

4.2. Caracterização Hidrogeoquímica

4.2.1. Amostragem e métodos de análise

A metodologia aplicada na determinação dos parâmetros físicos e químicos, no campo e em laboratório, foram as seguintes:

- O pH, a temperatura e a condutividade eléctrica foram registados no momento da amostragem com registadores portáteis digitais, WTW 340i, tendo a temperatura da água também sido lida com um termómetro da marca Hanna, modelo HI93531.
- O CO₂ livre foi determinado no próprio dia, logo após a chegada ao laboratório, por titulação com NaOH até atingir pH igual a 8,30.
- A Alcalinidade também foi determinada no próprio dia, logo após a chegada ao laboratório, por titulação com H₂SO₄ até atingir pH igual a 4,45.

- O CO_2 total foi determinado por cálculo a partir do valor do bicarbonato e do dióxido de carbono livre.
- Os cátions Sódio, Cálcio, Magnésio, Potássio, Alumínio, Ferro e Silício foram determinados através do método de espectrometria de absorção atômica, utilizando um aparelho com a referência GBC SensAA (Fig. 4.1).
- Os aniões Cloreto, Fluoreto e Sulfato foram determinados por cromatografia iônica, tendo sido utilizado um equipamento com a referência DIONEX ICS – 1000, equipado com uma coluna analítica AS14A 4-mm (Fig. 4.2).
- O Bicarbonato foi determinado por cálculo a partir do valor da alcalinidade.

As análises laboratoriais foram realizadas pelo autor no Laboratório de Hidrogeoquímica do Departamento de Geociências da Universidade dos Açores. Os resultados das 553 análises efectuadas aos cátions e aniões, através da absorção atômica e cromatografia iônica, foram comparados, respectivamente, com dados obtidos através da titulação e das análises efectuadas por espectrometria de massa com fonte iônica de plasma (ICP/MS).



Fig. 4.1 – Absorção atômica da marca GBC, modelo SENSAA série AAS.

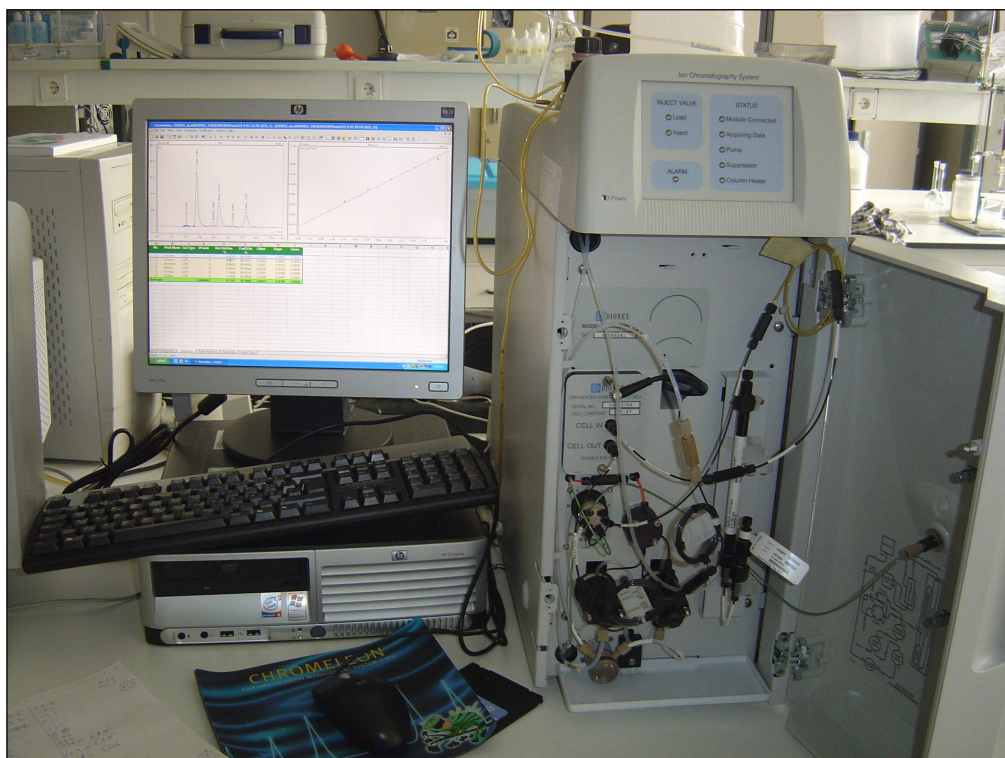


Fig. 4.2 – Cromatógrafo de troca iónica, modelo ICS-1000.

Foi seleccionado um número representativo de amostras recolhidas ao longo do período de estudo (226) e enviadas para o *Activation Laboratories, Ltd.* (Canadá), onde foram analisados os elementos maiores, menores e em traço por espectrometria de massa com fonte iónica de plasma (ICP/MS).

Os perfis efectuados na ilha de São Miguel foram realizados mediante a utilização de um barco pneumático, adquirido pelo Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos (Fig. 4.3), com excepção dos perfis realizados nas lagoas de Santiago, do Congro e de todos os restantes lagos localizados fora da ilha de São Miguel. Para este efeito, adquiriram-se pequenos barcos insufláveis (Fig. 4.4), tendo em conta o difícil acesso a estes sistemas lacustres.

A amostragem do lago, localizado no interior da Furna do enxofre, foi efectuada utilizando a embarcação que se encontra permanentemente no local (Fig. 4.5). Devido à desgaseificação de CO_2 existente no interior desta gruta, por vezes foi necessário recorrer à utilização de meios auxiliares de respiração devido à elevada concentração deste gás, particularmente, no período de Verão (Fig.4.6).

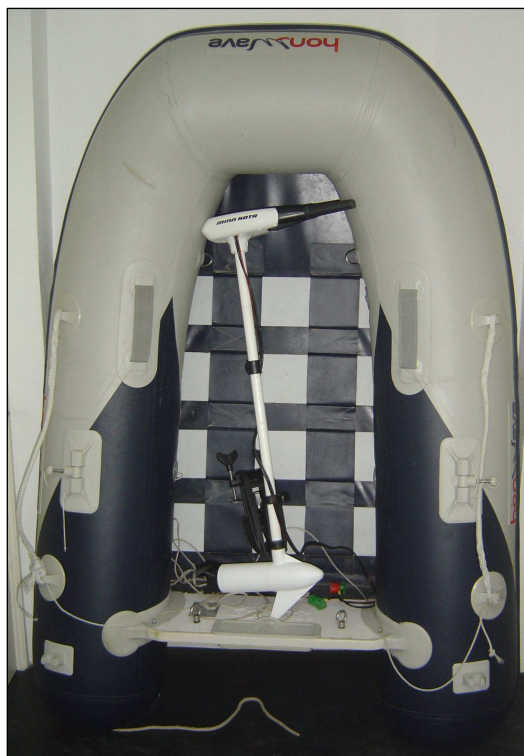


Fig. 4.3. Embarcação pneumática equipada com um motor eléctrico utilizado nas amostragens das Lagoas das Sete Cidades, do Fogo e das Furnas.



Fig. 4.4. Barcos insufláveis utilizados na amostragem das Lagoas de Santiago e do Congro, e nos lagos localizados na ilha Terceira, no Pico, nas Flores e no Corvo.

A recolha de amostras superficiais efectuou-se com garrafas de polietileno de 250 mL e 1000 mL sem ter sido efectuado qualquer tipo de tratamento no campo. As amostragens de profundidade foram efectuadas com recurso a uma garrafa amostradora da marca SEBA com um volume de 1000 mL, sendo por sua vez transferido o seu volume para as garrafas de polietileno.



Fig. 4.5. Barco utilizado na colheita de amostras de água no lago da Furna do Enxofre (esq.) e o equipamento de escafandro autónomo utilizado no decorrer dos trabalhos (dir).

As garrafas com volume de 250 mL foram conservadas no frio imediatamente após a recolha da amostra, para posterior análise à chegada ao laboratório do teor em CO_2 dissolvido e da alcalinidade. Uma fracção das amostras transportadas em garrafas com volume de 1000 mL foi filtrada a $0,45\ \mu\text{m}$ para as determinações por cromatografia iónica e outra, também filtrada, foi acidificada com 1 mL de ácido nítrico ultrapuro para as análises por absorção atómica. Parte daquele conteúdo foi do mesmo modo filtrado a $0,1\ \mu\text{m}$, acidificado com ácido nítrico ultrapuro e acondicionado em frascos de polietileno de 50 mL de volume para serem submetidas a análise por ICP-MS, no Canadá. O volume remanescente foi utilizado para a determinação de cloretos e ião sulfato por titulação.

Os resultados obtidos através dos diferentes métodos analíticos foram submetidos a um tratamento de dados para o que se utilizou o programa informático AQUACHEM v.3.7 (Waterloo Hydrogeologic, 1998-1999), e o programa de especiação e cálculo do estado de equilíbrio água-rocha WATEQ4F (Ball e Nordstrom, 1991).

Para além destes valores, utilizaram-se os constantes numa base de dados com início em 2002 referente ao quimismo dos lagos vulcânicos da ilha de São Miguel (Antunes, 2003), e que se reporta a duas amostragens efectuadas nos diversos lagos, uma correspondente ao período do Verão e outra ao período do ano com a temperatura atmosférica mais baixa.

4.2.2. Parâmetros físicos

4.2.2.1. Temperatura

A temperatura das águas superficiais, e em particular a temperatura da água dos lagos, é fundamental para o equilíbrio existente nestes sistemas, em especial, quando se localizam em zonas temperadas a tropicais.

Esta característica é dinâmica, podendo alterar-se sazonalmente, durante o tempo geológico ou devido à influência de manifestações vulcânicas. De uma forma geral, a temperatura da água dos lagos, localizados em regiões temperadas, apresentam maior contraste sazonal (Wetzel, 1993).

A temperatura é um factor de extrema complexidade nestes sistemas. Está relacionada com diversos aspectos, nomeadamente a luz, que poderá ser considerada como uma entidade individual, quer seja pelas suas propriedades electromagnéticas, quer pelos diferentes comprimentos de onda que atingem e penetram na água, e consequente interacção que daí decorre. Também poderá ser investigada a forma como esta energia luminosa actua dentro de um lago nas suas múltiplas valências, mais concretamente a forma como é dissipada, uma vez que os materiais vulcânicos siliciosos dispersam a luz em menor escala quando comparados com a matéria particulada em suspensão (Wetzel, 1993; Lampert *et al.*, 2007).

Não desvalorizando a importância e complexidade que a temperatura possui nos sistemas lacustres, pretende-se compreender o seu comportamento e relacionamento sazonal numa perspectiva geoquímica aplicada à monitorização sismovulcânica.

Neste contexto, importa referir que a temperatura nos lagos está directamente relacionada com a radiação solar, podendo desprezar-se o calor transmitido pela terra. Não obstante, o aquecimento indirecto poderá ser significativo, quer através de afluentes superficiais, quer, em especial, por acção de fluidos de origem vulcânica, como os que ocorrem em vários vulcões no mundo e que reflectem uma temperatura superior à temperatura atmosférica do local (Wetzel, 1993; Delmelle *et al.*, 2000).

A constituição química dos lagos natural depende da circulação da água induzida pela mudança de densidade que está intimamente ligada à variação da temperatura. Nos lagos localizados nas latitudes temperadas do planeta, e em particular do hemisfério Norte, poderemos tecer algumas generalizações em relação à temperatura/densidade da água nestes sistemas, devido ao facto de estarem sujeitos a uma situação fortemente contrastante em termos de sazonalidade.

Quando a temperatura atmosférica sobe, a temperatura da água dos lagos acompanha esta tendência, favorecendo um aumento da densidade, e a água menos densa (mais quente) sobrepõe-se à água mais fria, contribuindo para a formação de estratificação da água. Todavia, se o inverso ocorrer, a água da superfície tende a afundar, promovendo a mistura da água em profundidade.

Quando a temperatura da água sofre um incremento verifica-se o pico de maior densidade aos 3,94 °C (Fig. 4.6). Contudo, o constante aumento da temperatura implica um decréscimo da densidade da água, como acontece na generalidade dos líquidos (Berner e Berner, 1996; Drever, 1997).

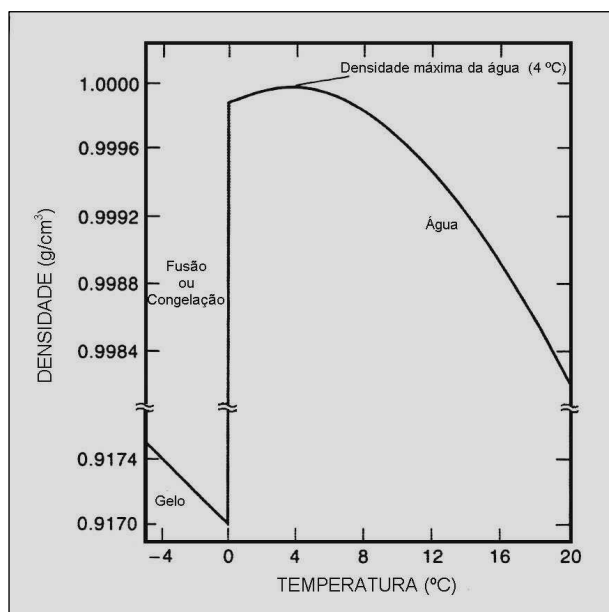


Fig. 4.6. Esquema representativo do comportamento da densidade da água em função da temperatura (adaptado de Berner e Berner, 1996).

Com o aumento gradual da temperatura das águas superficiais, comumente associada à estação da Primavera, estas tornam-se menos densas, fomentando o

aumento da resistência térmica relativa (RTR). Na prática, a circulação de água poderá ser interrompida pela RTR devido ao acréscimo térmico de apenas alguns graus (Wetzel, 1983; Fig. 4.7).

Não obstante, a melhoria das condições atmosféricas a partir da Primavera também coincide com a diminuição da intensidade do vento, agente coadjuvante na indução de correntes de convexão na água dos lagos e consequente circulação da mesma, o que contribui para o aparecimento da estratificação da água dos lagos, devido à variação da densidade e ao aumento da resistência térmica relativa da água induzido pelo aumento da temperatura nestes sistemas.

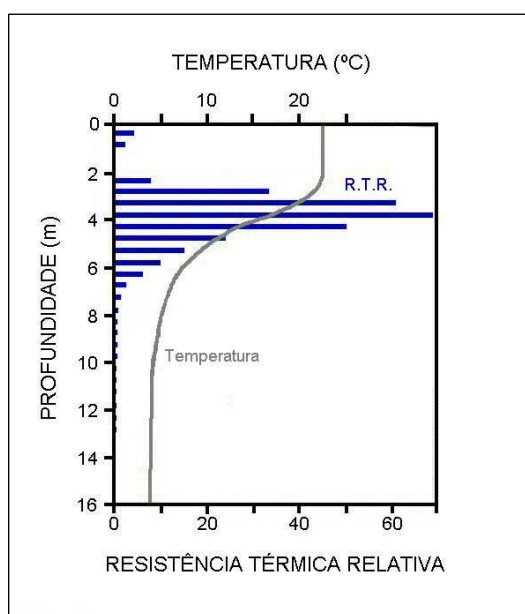


Fig. 4.7. Perfil da temperatura de Verão associada à resistência térmica à circulação da água em profundidade para o lago *Little Round*, Ontário (Canadá). A R.T.R. à mistura é dada para camadas de água com 0,5 m de espessura ($R.T.R. = 8 \times 10^{-6}$, i.e. a diferença de densidades entre a água a 5 ° e a 4 °C. A R.T.R. das camadas de água do lago está expressa como a razão da diferença de densidades entre a água no topo e no fundo de cada coluna e a diferença de densidades entre a água e 5 ° e a 4 °C; (adaptado de Vallentyne, 1957, Wetzel, 1993).

A estratificação de origem térmica impede a circulação da água em profundidade, dividindo a coluna de água em três camadas distintas (Fig. 4.8).

A porção mais superficial, designada por *epilimnion*, de uma forma geral, é pouco profunda, com uma temperatura tendencialmente uniforme e sujeita à agitação provocada pelo vento. Sob esta camada situa-se uma zona caracterizada pela forte descida da temperatura em profundidade, designada por

termoclina. Esta extensão da coluna de água também é comumente designada por *mesolimnion* ou *metalimnion*.

Abaixo da termoclina localiza-se uma camada de água com temperatura relativamente estável, mais fria e, conseqüentemente, mais densa designa por *hipolimnion*, que se encontra isolada da diminuta circulação de água que ocorre no *epilimnion* e, conseqüentemente, da atmosfera.

No final do Verão, a temperatura da água superficial dos lagos acompanha a diminuição da temperatura do ar. Deste modo, o perfil característico da temperatura da água começa a esbater-se e a densidade da água fica instável (Fig. 4.9). A diminuição do gradiente térmico associado aos ventos de Outono tem como consequência o desaparecimento da termoclina e conseqüente circulação de toda a água do lago.

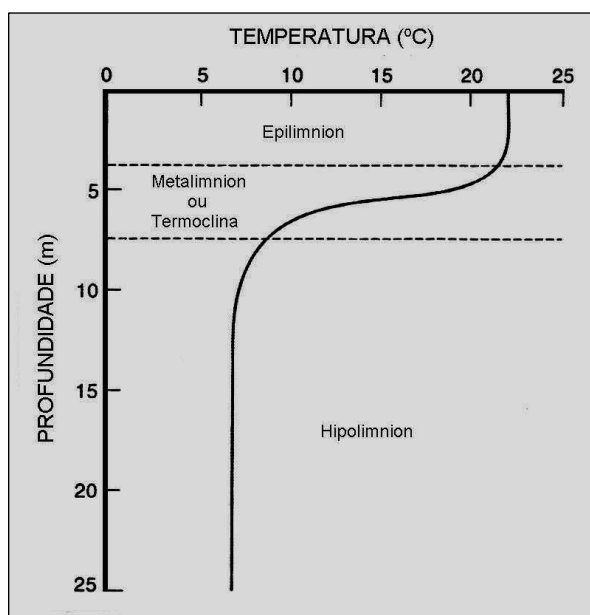


Fig. 4.8. Esquema representativo do perfil de temperatura da coluna de água de um lago no final do período de Verão (adaptado de Berner e Berner, 1996).

Nos lagos estudados, a temperatura das amostras foi medida imediatamente após a colheita de forma a minimizar o contacto com a temperatura ambiente. Deste modo, as medições efectuadas reflectem a temperatura ao longo da coluna de água, como factor fundamental na determinação do estado de saturação e

estabilidade dos diferentes iões, uma vez que a solubilidade dos gases e os minerais são sensíveis à variação da temperatura (Wilson, 1995; Deutsch, 1997).

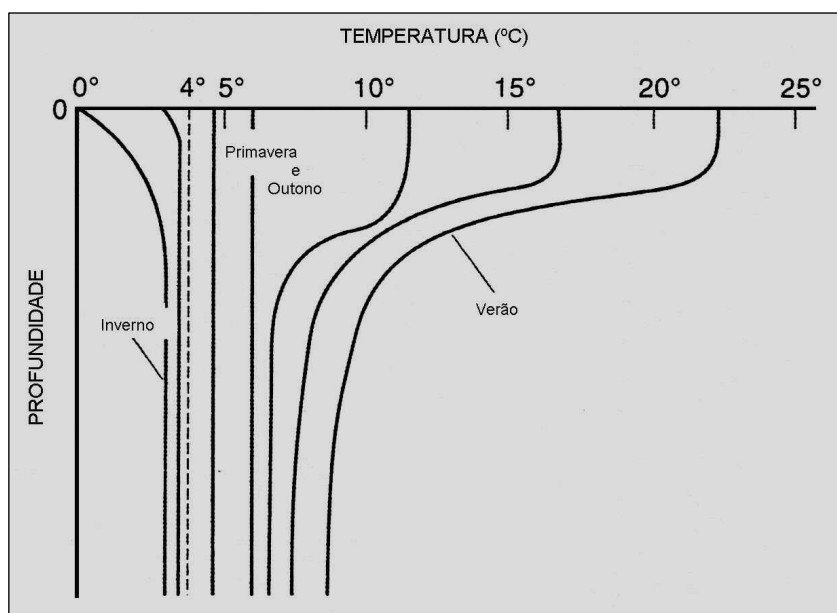


Fig. 4.9. Esquema representativo da evolução do perfil de temperatura na coluna de água, durante um ciclo, em um lago que congela no Inverno (dimítico). Nos lagos dos Açores e Zona mediterrânea, os lagos são monomíticos (perdem a estratificação uma vez por ano), situação caracterizada à direita do tracejado no gráfico (adaptado de Berner e Berner, 1996).

Nestes sistemas lacustres, a temperatura mínima registada foi de 5,2 °C, que corresponde a uma amostra de água efectuada no mês de Janeiro a 1 m de profundidade na Lagoa do Fogo. Por sua vez, a temperatura máxima verificada foi obtida na Lagoa das Furnas, com 23,5 °C, no período mais quente do ano. Como se depreende, as águas dos lagos são genericamente frias.

Nos lagos localizados na ilha de São Miguel, onde existem maior número de amostragens por sistema lacustre, é possível compreender a evolução da temperatura nestes sistemas.

Na Lagoa das Sete Cidades registou-se uma temperatura da água mínima de 12,7 °C e máxima de 23,3 °C, considerando o conjunto de valores obtidos nos dois locais de amostragem (Fig. 4.10). Todavia, é possível verificar que na Lagoa Azul se registaram valores de temperatura, no período de Inverno e Verão, relativamente superiores aos verificados na Lagoa Verde (Tabela 4.1). A temperatura máxima e mínima no Inverno são superiores na Lagoa Azul

respectivamente 0,7 e 0,4 °C, e a média calculada, nesta estação, também é ligeiramente superior (0,6 °C).

No Verão, os valores observados nas duas lagoas mantêm esta tendência, mas com diferenças superiores a 1 °C, para a temperatura mínima e média registadas, sendo a mediana superior 2,2 °C na Lagoa Azul. Esta situação resulta do enquadramento morfológico da Caldeira das Sete Cidades. A Lagoa Verde situa-se a Sul da cratera, encaixada por paredes que atingem uma altura de 390 m em relação à lagoa, e que abre a Norte para a Lagoa Azul (Fig. 4.11). Deste modo, a Lagoa Verde encontra-se exposta, no Inverno, aos ventos predominantemente de Noroeste e, devido ao seu enquadramento, encontra-se durante um período considerável do dia, em penumbra, durante o ano.

Assim se explica que a lagoa Azul, mais exposta à radiação solar, apresente temperaturas de água superiores à lagoa Verde, em particular na temperatura do *hipolimnion*, uma vez que a Lagoa Azul possui maior profundidade (Fig. 4.10).

Esta diferença de profundidade representa um volume, aproximado, de 512000 m³ nos últimos 3,5 metros de profundidade, como se depreende dos valores da Tabela 4.3.

No Verão, a Lagoa Verde apresenta valores de temperatura ligeiramente superiores aos registados na Lagoa Azul. Esta ocorrência, poderá estar relacionada com o estado trófico deste lago. Deste modo, há uma maior actividade biológica que contribui para uma maior opacidade da água e que, por sua vez, é responsável por uma maior retenção de calor nas camadas mais superficiais do lago. Esta situação é corroborada pelos maiores valores de pH registados à superfície da Lagoa Verde, resultado directo do maior estado de eutrofização do lago (Wetzel, 1993).

No Inverno, a temperatura mantém-se relativamente constante ao longo da coluna de água, como se depreende do valor do desvio padrão. Contudo, as razões apresentadas anteriormente explicam o valor ligeiramente superior do desvio padrão na Lagoa Azul.

Na Lagoa das Sete Cidades, foram realizadas 8 amostragens em cada um dos pontos fixados (Fig. 4.12). Assim, é possível compreender a evolução da temperatura na coluna de água ao longo do ano.

Tabela 4.1. Valor máximo, mínimo, média, mediana e desvio padrão calculados para os diferentes parâmetros analisados nos lagos da ilha de São Miguel. No mês de Maio verifica-se a transição entre as duas estações pelo que foi excluído do cálculo estatístico.

Lagoa	Estação	Estatística	pH	T (°C)	Cond (µS/cm)	O ₂ (mg/l)	CO ₂ liv (mg/L)	CO ₂ tot (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)
Verde	Inverno	máximo	8.44	14.90	159.00	10.64	35.60	72.56	54.90	18.82	4.75	24.70	3.32	1.36	4.81	2.70
		mínimo	6.48	12.70	108.00	2.22	3.40	27.16	28.56	15.80	3.35	15.56	2.08	0.84	1.68	0.00
		média	7.51	13.92	124.37	7.10	7.62	32.67	34.40	17.38	3.90	21.59	2.48	1.09	2.52	0.77
		mediana	7.60	13.60	126.00	6.27	5.80	30.00	32.94	17.43	3.80	21.50	2.44	1.04	2.38	0.38
		desvpadrao	0.54	0.72	7.57	1.83	5.58	8.30	5.18	1.06	0.33	2.03	0.31	0.19	0.82	0.82
Verde	Verão	máximo	9.61	23.30	140.00	8.74	33.60	55.60	37.82	17.81	4.17	21.70	2.92	1.26	3.59	4.70
		mínimo	6.59	13.90	121.00	1.35	1.85	26.92	8.54	14.42	2.73	17.97	1.94	0.79	1.36	0.43
		média	7.98	17.56	126.70	5.01	13.58	33.57	28.59	16.33	3.48	20.79	2.39	1.09	2.23	2.61
		mediana	7.75	16.95	125.50	5.35	12.00	31.48	32.94	16.17	3.40	20.80	2.51	1.13	1.86	2.57
		desvpadrao	1.09	2.77	4.92	2.40	7.97	6.46	8.64	0.64	0.41	0.54	0.31	0.14	0.72	1.34
Azul	Inverno	máximo	8.51	15.60	102.00	9.98	6.40	22.72	25.01	17.75	4.13	21.61	3.76	1.71	3.29	2.35
		mínimo	6.95	13.10	90.00	6.32	2.20	18.48	20.74	14.69	3.11	13.20	2.11	0.90	1.14	0.00
		média	7.50	14.51	98.84	7.91	4.14	20.52	22.70	16.20	3.71	15.51	2.96	1.32	2.17	0.97
		mediana	7.52	14.20	100.00	7.86	4.10	20.45	22.57	15.80	3.70	15.07	2.75	1.23	2.76	0.91
		desvpadrao	0.39	0.88	3.68	1.11	0.94	1.08	0.90	1.08	0.28	1.51	0.42	0.24	0.90	0.64
Azul	Verão	máximo	9.36	21.90	111.00	8.85	18.20	27.00	24.40	16.97	3.75	15.40	3.30	1.58	3.43	4.66
		mínimo	6.61	15.00	98.00	2.87	0.90	11.92	6.71	14.56	3.34	13.40	2.48	1.06	0.82	0.00
		média	7.43	18.65	100.37	5.75	6.52	20.57	19.47	15.85	3.51	14.52	2.89	1.33	1.92	1.89
		mediana	7.24	19.10	100.00	5.10	3.90	20.34	22.57	16.35	3.50	14.54	3.02	1.39	1.35	1.51
		desvpadrao	0.71	1.76	2.78	1.91	5.35	3.34	5.26	0.85	0.10	0.42	0.29	0.13	0.82	1.17
Santiago	Inverno	máximo	8.88	13.70	123.00	9.82	24.00	63.97	39.04	17.75	4.73	22.30	2.66	1.04	2.57	4.40
		mínimo	6.56	12.30	60.00	3.56	2.00	25.32	30.50	13.62	2.84	5.14	2.14	0.65	1.09	0.42
		média	7.78	12.97	100.27	8.17	5.88	30.37	33.42	15.57	3.92	17.57	2.29	0.81	1.83	2.08
		mediana	7.80	12.90	117.00	8.99	3.40	27.50	33.55	14.83	4.03	21.30	2.31	0.80	2.01	1.65
		desvpadrao	0.51	0.43	21.89	1.94	5.69	7.63	1.45	1.28	0.35	6.71	0.13	0.12	0.56	1.20
Santiago	Verão	máximo	9.84	22.00	132.00	8.93	34.20	52.24	36.60	17.04	4.19	23.09	2.64	1.11	4.24	7.81
		mínimo	4.20	13.20	116.00	1.47	1.00	20.80	18.30	13.89	3.17	18.81	2.00	0.49	0.98	0.00
		média	7.77	16.21	122.74	5.20	14.06	34.29	29.26	15.05	3.66	20.86	2.34	0.82	1.82	2.25
		mediana	7.44	14.75	122.00	5.15	10.85	34.37	30.50	15.02	3.63	20.75	2.39	0.74	1.86	1.71
		desvpadrao	1.26	2.85	4.29	2.39	9.60	7.75	4.93	0.71	0.26	1.11	0.18	0.20	0.72	2.10
Fogo	Inverno	máximo	9.07	13.40	47.00	10.49	4.80	13.28	16.47	13.19	4.59	8.30	1.48	0.73	1.31	2.70
		mínimo	6.80	5.20	18.00	3.85	1.20	1.90	4.27	7.81	1.74	6.09	1.14	0.32	0.32	0.00
		média	7.45	10.21	39.70	8.17	2.85	7.32	6.33	10.24	2.62	6.72	1.37	0.53	0.70	0.92
		mediana	7.17	11.10	45.00	9.53	3.00	7.36	6.10	10.02	2.77	6.53	1.35	0.60	0.62	0.69
		desvpadrao	0.65	2.52	9.87	2.68	0.78	1.52	1.87	1.33	0.58	0.51	0.08	0.14	0.35	0.92
Fogo	Verão	máximo	7.57	21.10	49.00	7.31	21.30	23.50	6.71	13.14	4.23	8.90	1.93	1.07	5.40	7.92
		mínimo	5.93	13.20	14.00	3.17	0.90	5.40	1.83	11.36	2.02	5.65	0.96	0.23	0.37	1.07
		média	6.84	17.12	44.66	6.29	5.53	9.17	5.05	11.92	3.16	7.26	1.62	0.73	0.66	3.09
		mediana	6.98	17.20	47.00	6.86	4.10	8.16	5.49	12.07	3.17	7.25	1.65	0.77	0.41	2.78
		desvpadrao	0.42	2.10	7.55	1.17	4.59	3.84	1.52	0.40	0.70	0.84	0.23	0.21	0.95	1.72

Tabela 4.2. Valor máximo, mínimo, média, mediana e desvio padrão calculados para os diferentes parâmetros analisados nos lagos da ilha de São Miguel. No mês de Maio verifica-se a transição entre as duas estações pelo que foi excluído do cálculo estatístico.

Lagoa	Estação	Estatística	pH	T (°C)	Cond (µS/cm)	O ₂ (mg/l)	CO ₂ liv (mg/L)	CO ₂ tot (mg/l)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Al (mg/L)	Fe (mg/L)
Congro	Inverno	máximo	9.06	14.40	104.00	11.16	11.50	31.28	37.82	15.27	5.76	12.51	7.20	2.19	3.71	5.14	0.25	2.68
		mínimo	6.65	12.30	94.00	4.80	1.50	16.02	18.91	12.12	4.04	9.20	5.00	1.57	1.68	0.75	0.00	0.00
		média	7.77	13.34	100.25	7.34	5.40	22.21	23.30	14.09	4.59	11.10	5.88	1.85	2.65	2.94	0.07	0.19
		mediana	7.86	13.25	102.00	7.37	5.00	22.38	24.40	14.32	4.56	11.19	5.23	1.78	2.84	2.57	0.04	0.03
Congro	Verão	desvpadiao	0.05	0.05	2.30	0.46	0.77	1.78	2.83	0.08	0.06	#DIV/0!	0.06	0.03	0.21	1.14	0.06	0.05
		máximo	9.78	22.90	135.00	9.13	56.90	79.78	48.90	22.50	5.96	12.90	14.80	2.29	4.60	14.34	0.49	0.61
		mínimo	6.20	13.60	80.00	1.47	0.80	7.64	3.66	12.75	1.73	10.90	4.60	1.07	1.75	0.21	0.00	0.00
		média	7.59	16.87	106.61	4.37	16.19	33.41	23.76	15.29	4.46	11.96	7.41	1.93	2.70	3.29	0.08	0.13
Furnas Capela	Inverno	mediana	7.09	15.55	105.50	2.68	14.60	29.35	23.49	15.62	4.38	11.90	5.86	2.11	2.26	2.75	0.05	0.03
		desvpadiao	1.14	2.92	9.59	2.54	10.49	13.80	8.41	1.38	0.76	0.51	2.67	0.36	0.80	2.89	0.12	0.20
		máximo	8.71	14.90	140.00	10.77	9.60	46.78	54.29	15.98	4.71	19.83	9.60	2.63	4.26	15.59	0.21	2.49
		mínimo	7.08	12.90	104.00	7.26	2.20	32.44	36.60	8.39	3.44	16.80	6.74	1.55	2.06	0.99	0.00	0.00
Furnas Capela	Inverno	média	7.66	13.86	126.83	8.67	7.36	40.85	46.44	13.96	4.18	18.68	7.79	2.18	3.37	7.30	0.06	0.37
		mediana	7.53	13.60	129.00	8.58	8.20	40.92	44.53	14.20	4.23	19.07	7.48	2.12	3.82	8.13	0.01	0.03
		desvpadiao	0.45	0.62	11.36	1.09	2.07	3.85	5.03	1.66	0.35	0.89	0.93	0.32	0.96	5.11	0.07	0.81
		máximo	9.46	23.20	149.00	10.53	49.10	77.26	54.90	17.04	7.88	19.94	15.10	2.31	5.64	20.68	0.07	0.92
Furnas Capela	Verão	mínimo	6.67	16.90	121.00	2.46	1.20	17.04	34.77	12.84	3.11	17.20	5.68	1.68	2.56	3.55	0.00	0.00
		média	7.74	20.92	137.65	6.15	10.13	43.73	47.74	15.51	4.73	18.51	9.09	2.03	3.61	12.21	0.01	0.11
		mediana	7.75	21.30	140.00	6.60	7.30	44.26	48.90	16.33	4.73	18.29	7.45	2.14	3.73	12.20	0.01	0.03
		desvpadiao	0.68	1.46	5.81	2.11	9.95	9.54	4.94	1.34	0.91	0.80	2.82	0.22	0.93	5.31	0.02	0.23
Furnas Fumazola	Inverno	máximo	8.00	14.90	141.00	11.80	28.40	60.96	54.90	15.27	4.87	19.51	8.00	2.63	5.26	15.16	0.19	0.53
		mínimo	7.29	13.00	101.00	7.91	3.60	34.12	40.87	12.92	3.76	16.30	6.76	1.76	2.23	0.43	0.00	0.00
		média	7.61	13.87	128.04	9.81	8.53	42.99	47.78	14.27	4.34	18.36	7.38	2.14	3.69	6.23	0.07	0.09
		mediana	7.62	13.70	130.00	9.99	7.30	41.56	45.14	14.56	4.46	18.80	7.50	2.14	4.05	3.50	0.08	0.02
Furnas Fumazola	Inverno	desvpadiao	0.17	0.55	11.84	1.25	4.93	5.48	4.26	0.71	0.38	1.16	0.41	0.31	1.10	5.23	0.06	0.16
		máximo	9.49	23.20	152.00	12.12	51.40	77.36	58.56	16.33	5.96	20.65	16.60	2.40	6.60	24.18	0.42	0.58
		mínimo	6.45	17.00	130.00	2.27	2.00	30.06	32.94	13.09	3.52	17.30	6.59	1.42	2.98	3.21	0.00	0.00
		média	7.23	21.08	140.55	6.64	12.72	47.26	47.84	14.89	4.51	19.04	8.58	2.05	4.00	12.72	0.11	0.11
Furnas Fumazola	Verão	mediana	7.17	21.35	139.00	6.76	9.50	45.24	48.80	14.85	4.70	18.70	7.65	2.17	4.00	12.73	0.09	0.04
		desvpadiao	0.61	1.53	5.95	1.99	9.93	9.42	6.17	1.14	0.66	1.09	2.29	0.29	0.87	6.59	0.11	0.14
		máximo	7.60	14.90	107.00	10.22	8.30	46.32	53.68	13.97	3.87	19.77	7.80	2.57	3.80	2.07	0.13	0.03
		mínimo	7.54	14.80	105.00	9.74	7.20	44.70	51.24	13.75	3.68	17.95	7.43	2.47	3.63	1.21	0.02	0.01
Furnas profundo	Inverno	média	7.56	13.98	122.00	10.02	7.31	41.14	46.89	14.57	4.17	17.65	7.79	2.19	2.86	6.27	0.09	0.02
		mediana	7.59	13.60	129.00	10.05	7.25	39.57	44.84	14.91	4.23	17.95	7.60	1.96	2.27	6.63	0.11	0.01
		desvpadiao	0.06	0.60	10.88	0.19	0.72	3.10	3.84	0.52	0.38	1.31	0.56	0.30	0.80	4.59	0.04	0.01
		máximo	8.16	23.50	152.00	8.34	45.20	71.16	61.00	17.04	7.88	18.80	11.90	2.49	6.46	14.77	0.09	0.07
Furnas profundo	Verão	mínimo	6.47	19.20	123.00	2.32	3.30	38.50	33.55	12.97	3.14	17.40	6.57	2.00	2.41	2.57	0.00	0.01
		média	7.21	21.28	137.50	5.36	13.73	47.94	52.03	15.73	5.20	18.14	9.00	2.22	3.46	9.26	0.04	0.03
		mediana	7.07	21.40	138.00	5.53	10.60	45.16	48.80	16.33	4.95	18.16	9.65	2.24	3.43	10.49	0.04	0.03
		desvpadiao	0.46	1.13	4.91	1.96	10.52	9.36	5.90	1.45	1.49	0.38	2.06	0.12	1.17	4.53	0.03	0.02

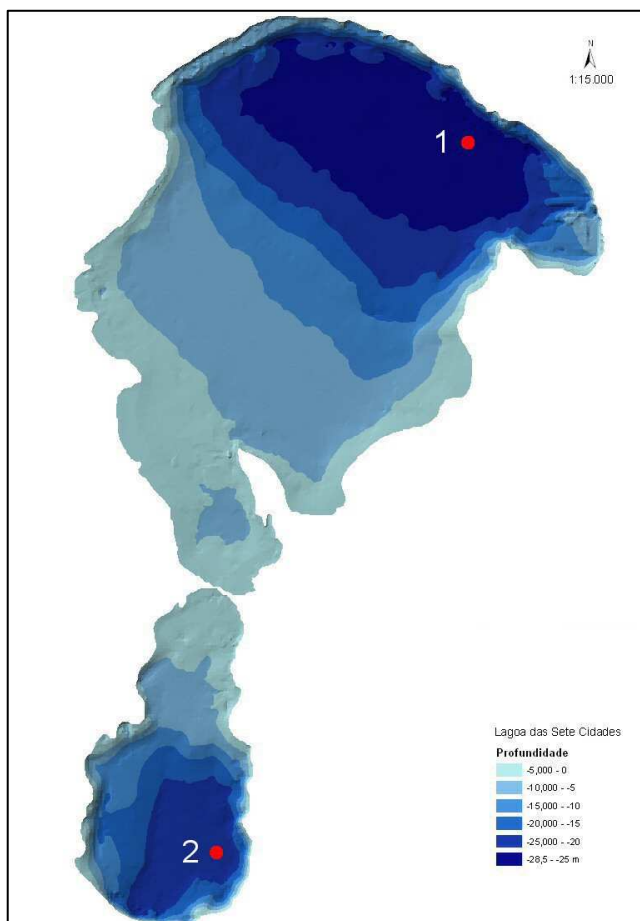


Fig. 4.10. Batimetria da lagoa das Sete Cidades (dados cedidos pela DROTRH; 1. Local de amostragem aproximado na Lagoa Azul; 2. Local de amostragem aproximado na Lagoa Verde).

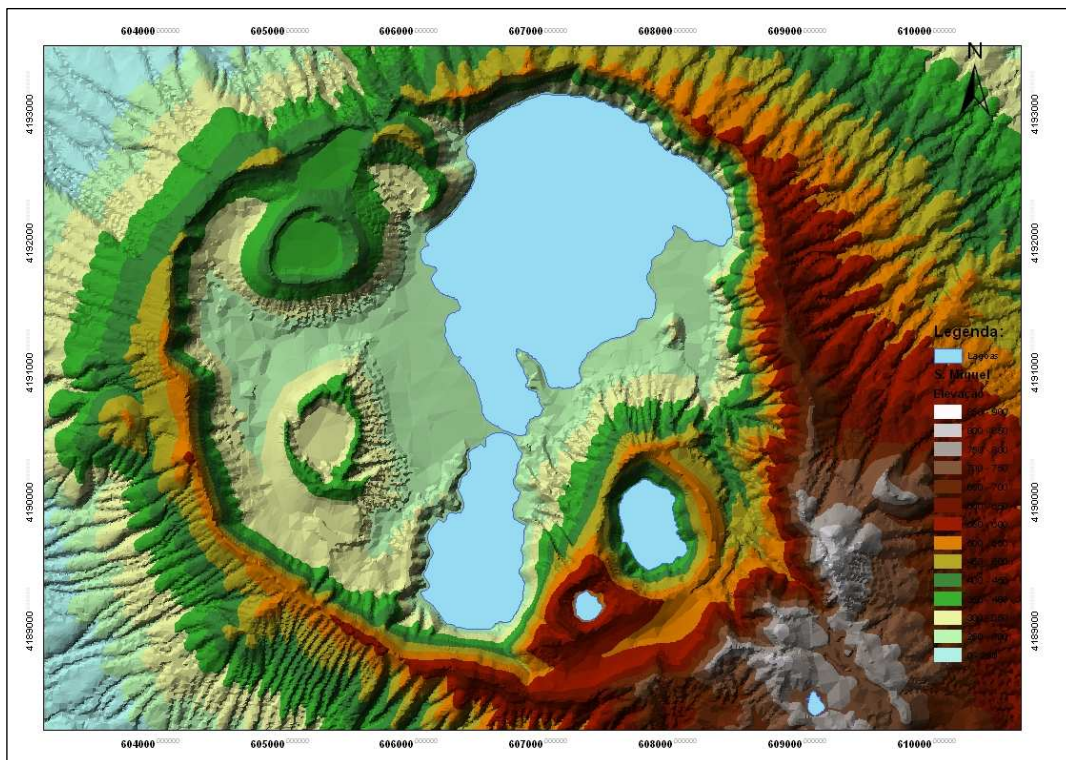
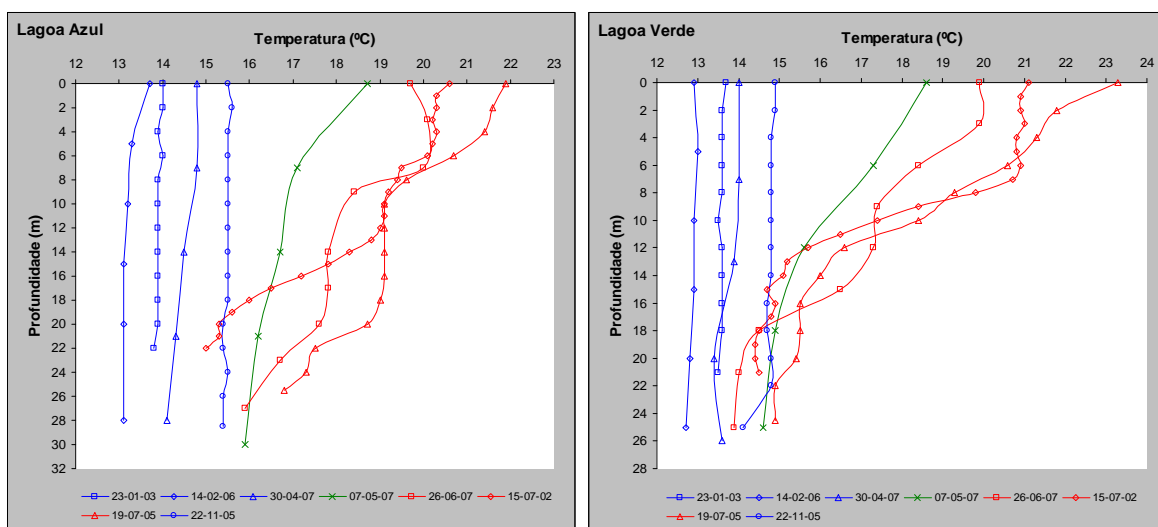


Fig.4.11. Mapa hipsométrico da Caldeira das Sete Cidades.

Tabela 4.3. Áreas e volumes calculados para camadas de água com 5 m de espessura nas Lagoas Verde e Azul das Sete Cidades (adaptado de Cruz *et al.*, 2007).

Verde			Azul		
Profundidade	Área (m ²)	Volume (m ³)	Profundidade	Área (m ²)	Volume (m ³)
0 - 5	206398	3763099	0 - 5	812564	15872754
5 - 10	152377	2842342	5 - 10	961343	11776095
0 - 15	130709	2250419	0 - 15	416254	7835064
15 - 20	160613	1435901	15 - 20	282816	6377804
20 - 24	213609	387302	20 - 25	454765	4648592
			25 - 28,5	677309	851092
Total	863706	10679063	Total	3605051	47361401

É possível verificar que entre os meses de Novembro e Abril os perfis efectuados nos dois lagos apresentam uma temperatura da água relativamente constante em profundidade, resultado da boa circulação da água no sistema face à ausência de estratificação da água. Todavia, é possível aferir, nos dois lagos, que a temperatura decresce de Novembro para Fevereiro, altura do ano em que a água é mais fria, voltando a temperatura da água a subir a partir deste mês. No entanto, a Lagoa Azul apresenta, comparativamente, temperaturas ligeiramente superiores (Fig. 4.12).



4.12. Evolução da temperatura na coluna de água face à variação sazonal, na Lagoa das Sete Cidades.

A amostragem efectuada no mês de Maio manifesta um aumento da temperatura face aos meses anteriores e esboça um perfil com estratificação da água do lago. Poderemos considerar este mês do ano como a transição do período de Inverno para a época de Verão, caracterizada pela estratificação da coluna de água devido à variação da densidade.

Os dois perfis realizados no mês de Julho apresentam um traçado relativo à estratificação da água melhor definido do que o realizado no mês de Junho, na Lagoa Verde das Sete Cidades, e uma termoclina que se situa entre os 8 e os 13 m de profundidade.

Na Lagoa Azul, a termoclina situa-se entre os 6 e os 10 m em resultado da maior exposição solar. Segundo Wetzel, a termoclina poder-se-á iniciar-se à superfície do lago, se as condições atmosféricas forem estáveis e com temperatura elevada, promovendo à superfície dos sistemas fortes discontinuidades térmicas. Porém, o *metalimnion* desloca-se em profundidade, na medida em que a circulação induzida pelo vento estabelece o epilimnion.

No Verão, ambos os lagos apresentam uma diminuição da temperatura no *hipolimnion*, para valores próximos da ordem de grandeza da temperatura registada no Inverno. Contudo, é possível distinguir um aumento da temperatura no fundo dos lagos no decorrer do período do ano mais quente. Este aumento da temperatura está relacionado com a condução do calor a partir do epilimnion, que também poderá estar associado às correntes químicas de densidade, uma vez que podem, efectivamente, transportar calor à medida que se movem para as zonas mais profundas. Não obstante, a condução de calor varia muito pouco com o aumento da profundidade e o calor gerado pelas oxidações biológicas durante a decomposição não explica o ganho de calor que se observa no *hipolimnion* (Wetzel, 1993).

Na Lagoa de Santiago, o lago mais profundo da ilha de São Miguel, durante a época mais fria do ano, ocorre a mistura de água em todo o sistema lacustre, como se depreende do resultado estatístico referente aos valores da temperatura (Tabela 4.1), à semelhança do que acontece nos restantes lagos existentes no arquipélago dos Açores.

No Verão, os resultados da média e mediana, referentes à temperatura, são inferiores aos valores da Lagoa das Sete Cidades, devido à maior profundidade do lago e também ao seu enquadramento morfológico restringir esta massa de água da radiação solar no início e no final do dia, situação semelhante à que ocorre na Lagoa Verde das Sete Cidades (Fig. 4.13). O espelho de água situa-se

a uma cota de 200 m inferior ao topo do cone, que apresenta um diâmetro máximo de 1150 m.

Os perfis de temperatura realizados de Inverno apresentam o mesmo padrão que os lagos anteriores. A coluna de água no mês de Fevereiro apresenta a menor temperatura do ano, aumentando progressivamente até ao mês de Abril. No mês de Maio, apesar da temperatura da superfície da água ser de 17 °C, o perfil da temperatura demonstra uma termoclina, sensivelmente, entre os 7 m e os 18 m de profundidade. A este facto não é alheio o enquadramento geológico por proteger o lago dos ventos mais fortes e, conseqüentemente, não permitir a formação de células de convecção que ultrapassem a resistência térmica da água do metalimnion. Também a profundidade do lago contribui para que a condução do calor na água, principalmente nesta altura do ano, não aqueça a água do *hipolimnion*, contribuindo para um perfil da coluna de água característico do período de Verão.

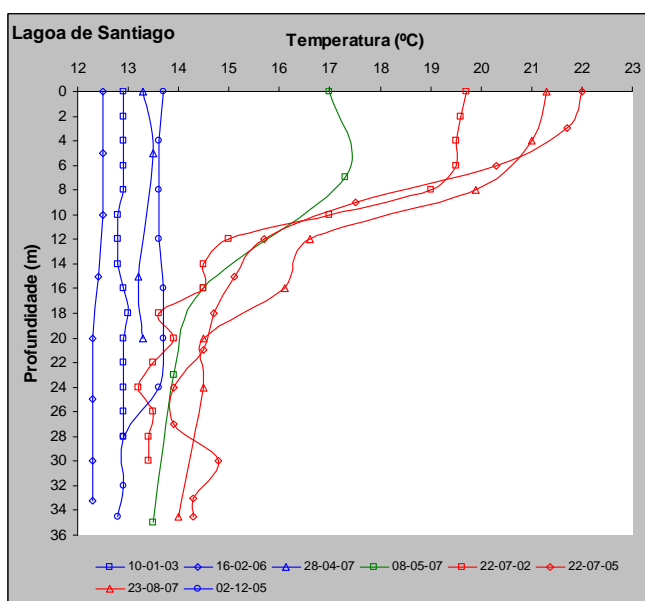


Fig. 4.13. Evolução da temperatura na coluna de água face à variação sazonal, na Lagoa de Santiago.

Os perfis efectuados no Verão apresentam um traçado bem definido com uma termoclina onde ocorre uma rápida diminuição da temperatura nas amostragens efectuadas no mês de Julho.

Neste lago, o *hipolimnion* aquece menos do que nos lagos anteriores devido às características apresentadas anteriormente, contribuindo para um maior valor do desvio padrão comparativamente aos valores referentes à Lagoa das Sete Cidades.

Na Lagoa do Fogo, com um único ponto de amostragem (Fig. 4.16) e como se observa se observa na Tabela 4.1, registaram-se os valores de temperatura mais baixos no período do Inverno, entre todos os lagos estudados na ilha de São Miguel. A temperatura mais baixa (5,2 °C) foi obtida a 1 m de profundidade, e o valor da temperatura média e da mediana são indicativos da menor temperatura da água do lago neste período.

O valor do desvio padrão é indicativo da amplitude dos registos efectuados no Inverno, uma vez que esta função reflecte os valores que se afastam da média verificada nesta altura do ano.

Ao facto da temperatura da água ser, comparativamente, mais baixa em relação aos restantes lagos de São Miguel, não é alheia a maior altitude em que se situa a Lagoa do Fogo, sujeita a nevoeiros que persistem grande parte do ano e a ventos de maior intensidade.

Como se verifica na Figura 4.14, existe uma relação entre a altitude a que se localizam os lagos e a temperatura da água dos mesmos. Todavia, a área superficial dos lagos, a profundidade, o volume, a luminosidade e o enquadramento geológico não foram tidos em consideração na comparação dos parâmetros em questão.

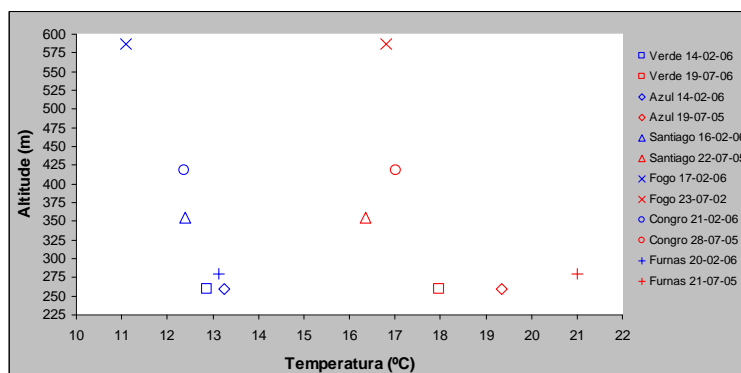


Fig. 4.14. Relação entre a média da temperatura calculada nos meses considerados e a altitude que se situam os lagos.

Os perfis efectuados neste lago (Fig. 4.15) apresentam um padrão que diferem dos restantes, devido às variáveis já apresentadas. Deste modo, a amostragem efectuada no mês de Janeiro apresenta os menores valores de temperatura da água, inferiores a 10 °C. Neste perfil, a temperatura da coluna de água aumenta tendencialmente em profundidade e atinge a temperatura dos perfis efectuados nos meses de Fevereiro e de Março, a partir dos 14 m.

Esta situação relaciona-se com a altitude do lago, exposto a períodos relativamente longos de nevoeiro e vento intensos que, associados a meses mais frios, permite à temperatura da água superficial baixar para valores inferiores aos verificados no fundo do lago. Contudo, os dados relativos às amostragens efectuadas no Inverno sugerem que esta situação é esporádica, atendendo ao facto da intensidade do vento não ser suficiente para fazer circular a água em toda a profundidade do lago e a conjugação dos diferentes factores não perdurarem o tempo suficiente para fazerem diminuir a temperatura da coluna de água por condução, uma vez que representa um volume de água na ordem dos 7 228 150 m³, a partir dos 16 m de profundidade (Tabela 4.4).

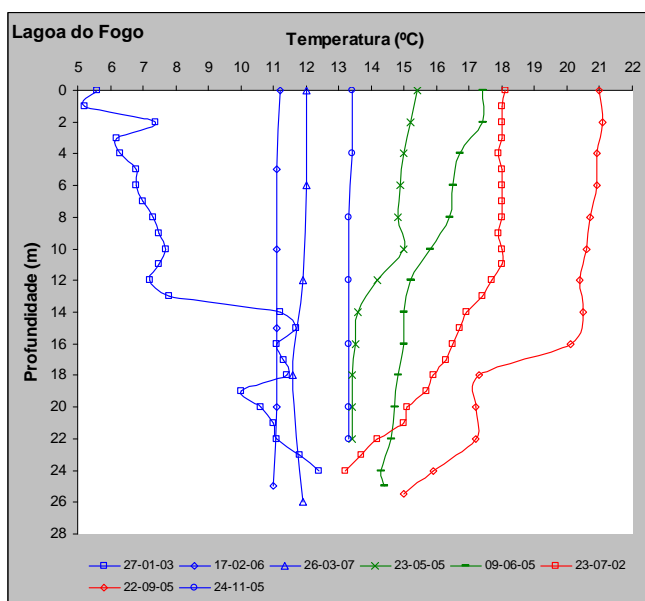


Fig. 4.15. Evolução da temperatura na coluna de água face à variação sazonal, na Lagoa do Fogo.

Não obstante a maior profundidade deste lago em relação à Lagoa Azul das Sete Cidades, comparativamente, a Lagoa do Fogo encerra um maior volume de

água no *hipolimnion*, considerando a última classe batimétrica da Fig. 4.11 e 4.16, fruto do enquadramento geológico das bacias.

Tabela 4.4. Áreas e volumes calculados para camadas de água com 5,3 m de espessura na Lagoa do Fogo (adaptado de Cruz e, al., 2007).

Lagoa do Fogo		
Profundidade	Área (m ²)	Volume (m ³)
0 - 5,3	381947	6856304
5,3 - 10,6	258601	5388318
10,6 - 15,9	251642	3970419
15,9 - 21,2	107160	3071684
21,2 - 26,5	113416	2494852
26,5 - 31,6	419743	1661614
Total	1532509	23443191

Os restantes perfis, efectuados nos meses mais frios, apresentam um traçado semelhante ao dos restantes lagos.

Neste lago, a transição do período do Inverno para o de Verão, apresenta-se diferente dos restantes lagos, devido ao enquadramento referido anteriormente. Deste modo, verifica-se um período mais longo no aumento de temperatura do sistema e os perfis efectuados nos meses de Maio, Junho e Julho apresentam uma descontinuidade térmica muito reduzida.

Como se constata na amostragem de Julho, a temperatura da água do *epilimnion* apresenta a mesma ordem de grandeza dos perfis efectuados nos restantes lagos no mês de Maio e a descontinuidade térmica é muito reduzida por um limite inferior da termoclina esbatido no *hipolimnion*.

A amostragem realizada no mês de Setembro evidencia um aquecimento significativo da água à superfície sob condições atmosféricas, nomeadamente, da intensidade do vento, insuficiente para misturar toda a coluna de água, submetendo o estrato onde ocorre a maior descontinuidade térmica (termoclina) a uma maior profundidade (16 m), comparativamente, aos outros lagos. O facto deste lago ser oligotrófico contribui para que o valor da temperatura da superfície da água seja inferior aos restantes lagos amostrados.

Dos lagos estudados na ilha de São Miguel, a Lagoa do Congro é o lago que possui menor área superficial, volume de água e é o segundo com menor profundidade.

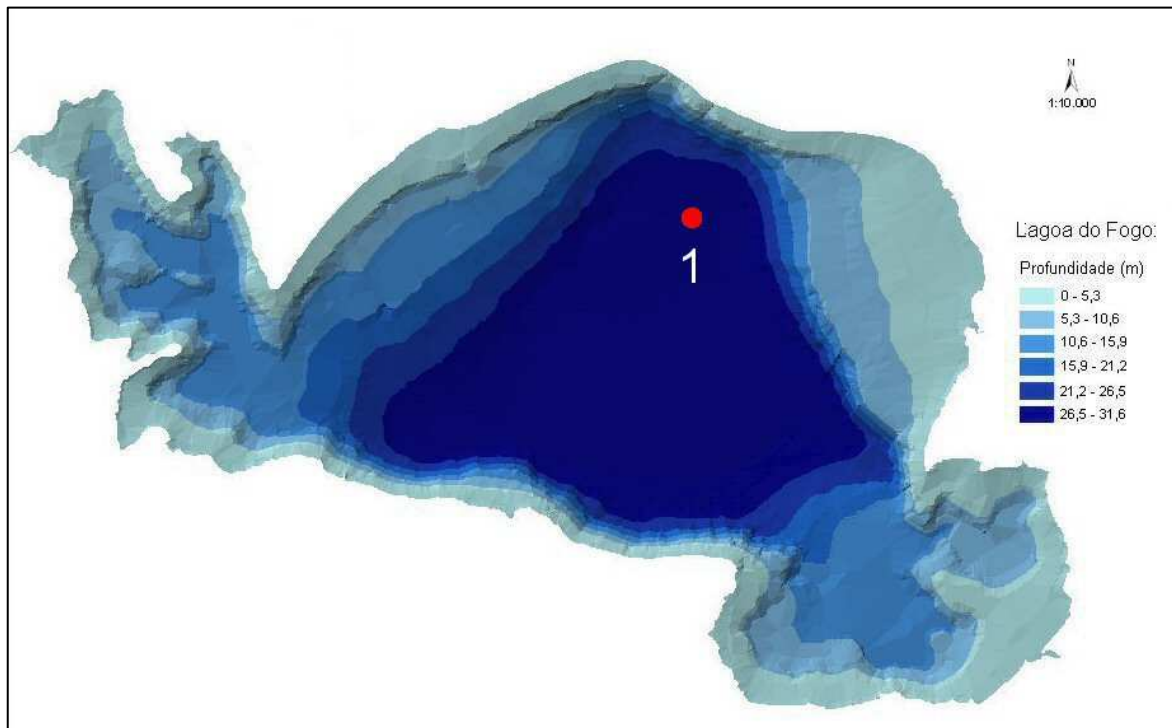
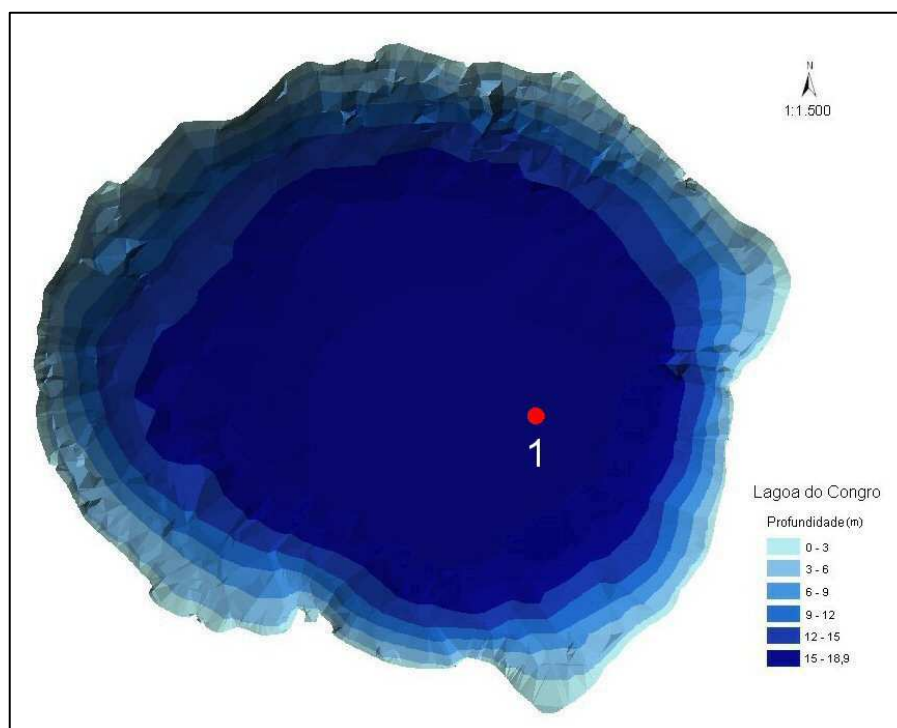


Fig. 4.16. Batimetria da lagoa do Fogo (dados cedidos pela DROTRH; 1. Local de amostragem aproximado na Lagoa do Fogo).

Este sistema lacustre situa-se no mesmo tipo de estrutura vulcânica que a Lagoa de Santiago (*Maar*), conferindo à Lagoa do Congro a particularidade das paredes do lago apresentarem um forte declive e a área do fundo do lago não diferir grandemente da área da superfície (Fig. 4.17).

A cratera deste edifício apresenta um diâmetro máximo de 605 m e está a uma cota superior (170 m) em relação ao espelho de água (Fig. 4.18). Assim, esta estrutura protege o sistema lacustre dos fenómenos atmosféricos mais adversos, o que se reflecte no desvio padrão calculado para a época de Inverno, com o valor de 0,05 (Tabela 4.2) reflexo da boa circulação da água em profundidade. Congruentemente, a média e a mediana calculadas apresentam valores muito próximos.

O valor mínimo registado é da mesma ordem de grandeza que o amostrado na Lagoa de Santiago e a temperatura máxima é ligeiramente superior.



4.17. Batimetria da Lagoa do Congro (dados cedidos pela DROTRH; 1. Local de amostragem aproximado na Lagoa Azul).

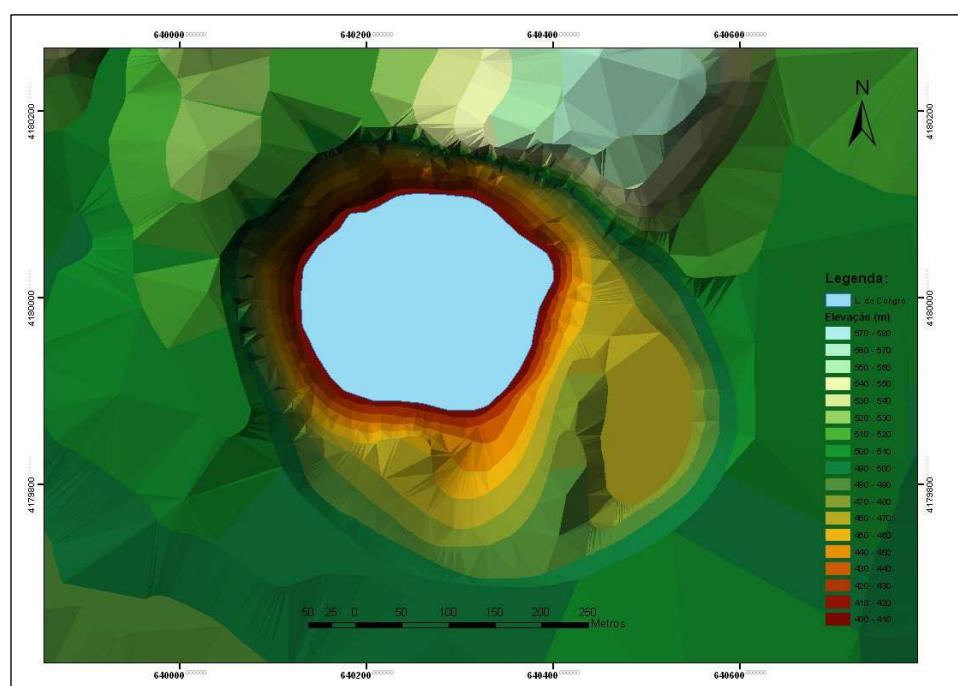


Fig. 4.18. Mapa hipsométrico da cratera do Congro.

O desvio padrão calculado para o período de Verão apresenta o maior valor, comparativamente aos restantes lagos, devido à produtividade do lago contribuir para valores da temperatura à superfície do lago significativos elevados.

Os perfis realizados na época mais fria apresentam o mesmo comportamento que os efectuados nos restantes lagos, com excepção da Lagoa do Fogo (Fig. 4.19). Assim, a temperatura da água do lago diminui progressivamente no final do Verão. O Mês de Fevereiro apresenta a menor temperatura de água que aumenta gradualmente até ao Verão.

O mês de Maio também faz a transição do período de Inverno para o de Verão, com um perfil que esboça uma descontinuidade térmica muito incipiente com início na parte mais superficial do lago e que se estende até aos 14 m.

As duas amostragens realizadas no mês de Junho apresentam uma termoclina que se inicia a partir da superfície da água e que se estende até aos 14 m de profundidade, com pequenas descontinuidades térmicas múltiplas, mais evidenciada no perfil efectuado no dia 1 de Julho de 2002.

A descontinuidade térmica no lago evolui ao longo do Verão, tornando-se mais robusta por um menor fluxo de passagem, como se depreende do perfil da amostragem do mês de Setembro.

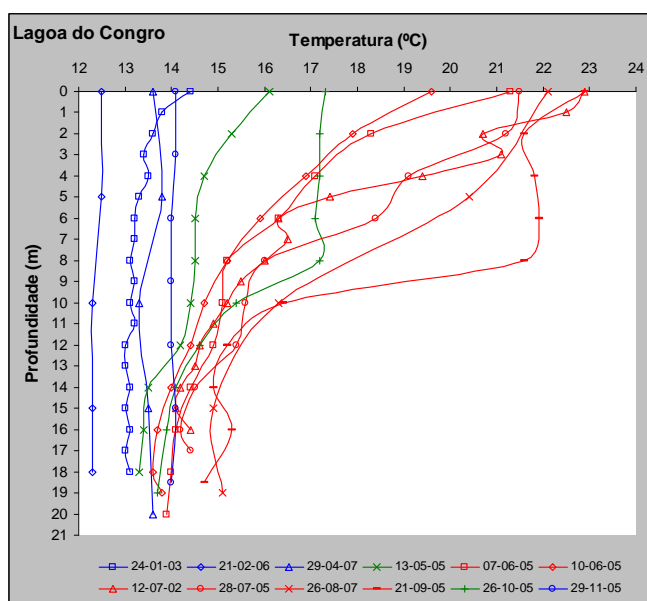
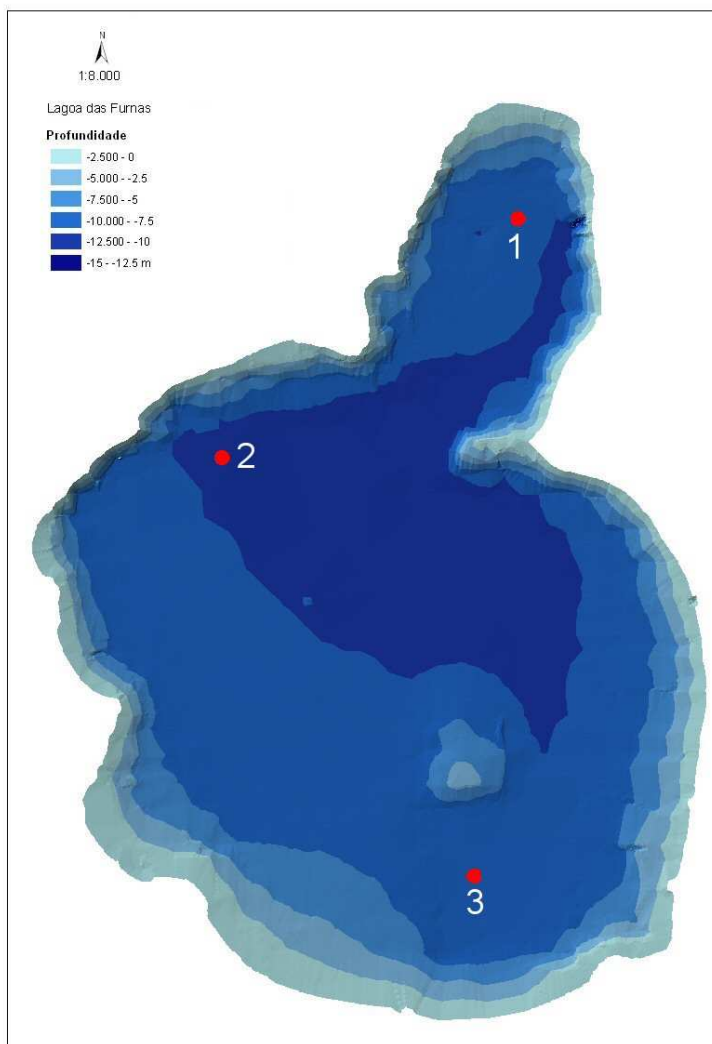


Fig. 4.19. Evolução da temperatura na coluna de água face à variação sazonal na Lagoa do Congo.

O mês de Outubro marca a transição entre os dois períodos, com a diminuição progressiva da temperatura, mas como se observa no perfil, com uma termoclina bem marcada entre os 8 e os 14 m.

Na Lagoa das Furnas, os valores estatísticos calculados referentes aos 3 pontos de amostragem, evidenciam, na época de Inverno, a mesma ordem de grandeza que os restantes lagos estudados, nomeadamente a média e mediana determinadas para a coluna de água (Tabela 4.2; Fig. 4.20).



4.20. Batimetria da Lagoa das Furnas (dados cedidos pela DROTRH; ● Locais de amostragem aproximados na Lagoa das Furnas: 1. Furnas Fumarola; 2. Furnas Profundo; 3. Furnas Capela).

O valor mínimo de 14,8 °C registado no ponto de amostragem designado por “Furnas profundo” prende-se com o facto de só terem sido realizadas duas amostragens no Inverno e de não corresponderem ao mês em que a água apresenta a menor temperatura no sistema.

No Verão, o valor da temperatura mínima, de 19,2 °C, verificado no ponto de amostragem anterior, também se deve ao menor número de amostragens efectuadas neste ponto (Fig. 4.21). A partir de Novembro de 2005 não se

procedeu à amostragem deste ponto devido ao desaparecimento da bóia de amarração deste local, o que impossibilita a realização do trabalho nesta época do ano devido aos ventos fortes. Uma vez que a ausência desta amostragem não compromete os objectivos do estudo, optou-se por não retomar a colheita de amostras de água neste ponto.

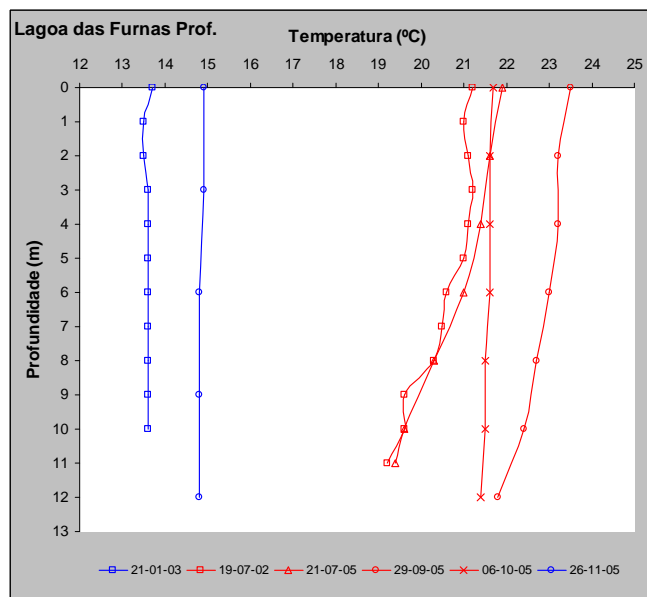


Fig. 4.21. Perfis de temperatura realizados na zona Este da Lagoa das Furnas.

Os perfis realizados a Norte (Fum.) e Sul (Cap.) do lago, demonstram o mesmo tipo de comportamento no Inverno que os restantes lagos localizados a uma altitude inferior à Lagoa do Fogo (Fig. 4.22).

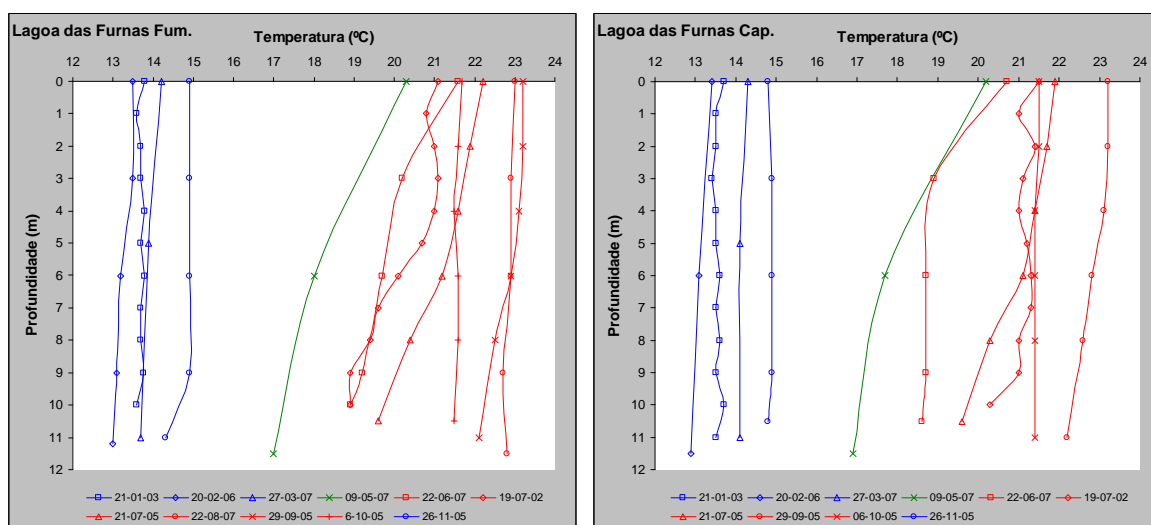


Fig. 4.22. Evolução da temperatura na coluna de água face à variação sazonal, na Lagoa das Furnas.

Relativamente aos perfis efectuados na época mais quente, é perceptível que não existe estratificação térmica neste lago.

O perfil efectuado em Maio, que manifesta o aumento da temperatura da água, demonstra uma descontinuidade térmica influenciada pelo aquecimento da água à superfície do lago. O perfil realizado no mês seguinte, nos dois pontos de amostragem, reflecte a possibilidade da existência de uma termoclina com início a partir da superfície da água, mas que não se confirma nos perfis realizados posteriormente.

Porém, uma equipa de investigação do Departamento de Biologia da Universidade dos Açores, verificou a existência de estratificação da água neste lago devido à variação da densidade da água no passado. Perante este facto e os resultados obtidos no decorrer das várias campanhas, poderemos conjecturar que a Lagoa das Furnas perdeu a estratificação da água devido ao incremento da produtividade do lago o que associado à sua menor profundidade, provoca uma maior transferência de calor em profundidade com a consequente diminuição da resistência térmica ao longo da coluna de água.

Também o sistema de oxigenação existente no fundo do lago, um mecanismo de controlo dos efeitos da eutrofização, poderá influenciar na distribuição do calor de forma artificial na coluna de água.

Nas lagoas da ilha do Pico, foram efectuadas duas campanhas de recolha, tendo sido realizado um perfil por lago, em cada uma das amostragens. Na Lagoa Seca e do Paúl foram recolhidas amostras de água apenas de superfície devido à pouca profundidade que os lagos apresentavam nesta altura do ano. Situação semelhante ocorreu nas Lagoas do Caiado e Rosada, entre Julho e Setembro/Outubro.

Na fig. 4.23, é possível verificar que os lagos possuem uma profundidade que não excede os 7 m. Devido à pouca profundidade dos lagos, existe uma rápida distribuição da temperatura nestes sistemas, situação exibida pelos perfis. As amostragens realizadas no mês de Junho dispõem-se tendencialmente à esquerda do gráfico e nos restantes meses à direita. No entanto, os perfis realizados na Lagoa do Capitão evidenciam uma alternância na sua disposição, devido, possivelmente, à alteração das condições atmosféricas. Salienta-se o

facto de estes pequenos sistemas lacustres se situarem a uma cota superior aos 790 m, e que algumas amostragens foram realizadas em dias de vento e nevoeiro intensos, o que contribui para uma maior amplitude da temperatura entre amostragens (Tabela 4.5).

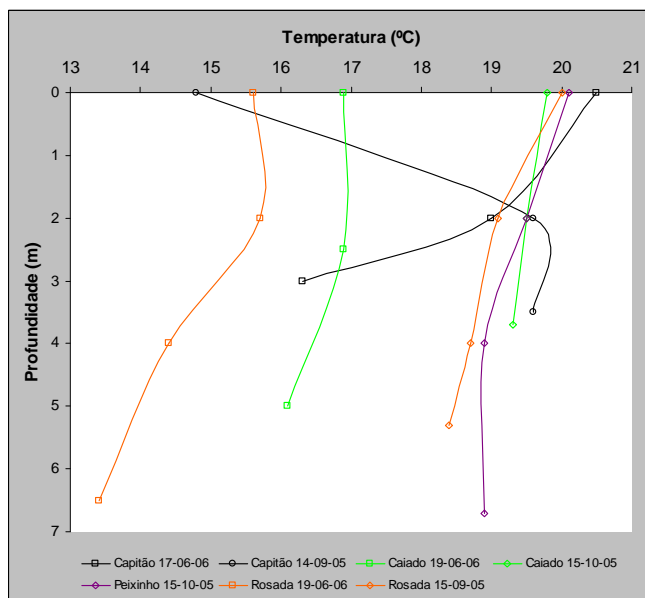


Fig. 4.23. Perfis de temperatura realizados nas lagoas da ilha do Pico.

Na ilha das Flores foi possível realizar duas amostragens por lago em meses diferentes, com excepção da Lagoa Negra, local onde se efectuou apenas uma campanha.

Os perfis realizados no mês de Maio, apenas nos lagos com maior profundidade, apresentam estratificação da água com origem na diferença de densidade (Fig. 4.24).

Como se observa no gráfico da esquerda, a Lagoa Negra, o lago mais fundo do Arquipélago dos Açores, possui nesta altura do ano uma descontinuidade térmica muito reduzida situada, sensivelmente, entre os 5 e os 25 m de profundidade.

No perfil efectuado na Lagoa Funda, na mesma altura do ano, a termoclina é mais evidente do que no lago anterior, como se apresenta muito bem definida. A lagoa da lomba não apresenta qualquer variação significativa da temperatura da água em profundidade.

Tabela 4.5. Valores máximos e mínimos determinados para os diferentes parâmetros nas amostragens efectuadas nas ilhas do Pico, Flores, Graciosa e Terceira.

Lagoa	Valor	pH	T (°C)	Cond (uS/cm)	O ₂ (mg/L)	CO ₂ liv (mg/L)	CO ₂ tot (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)
Capitão	mín.	6.37	14.80	32	7.01	1.40	3.16	1.83	6.90	2.13	3.43	0.24	0.42	0.92	0.12
	máx.	8.00	20.50	32	9.28	10.00	11.76	4.88	7.95	3.32	5.44	0.61	0.80	3.49	2.09
Caiado	mín.	6.10	16.10	32	6.36	0.80	2.28	1.22	6.81	1.66	3.99	0.14	0.34	0.49	0.00
	máx.	6.88	19.80	32	7.90	2.50	3.56	3.66	7.71	1.76	4.11	0.20	0.73	2.97	1.88
Peixinho	mín.	6.93	16.10	35	6.26	0.60	2.36	2.44	6.21	1.47	4.10	0.33	0.47	1.28	2.07
	máx.	8.75	20.10	35	8.58	2.60	5.68	4.27	6.99	1.62	4.51	0.72	0.87	3.15	4.61
Rosada	mín.	6.27	13.40	34	5.14	1.00	2.76	1.83	6.02	1.45	3.74	0.26	0.35	0.59	0.30
	máx.	7.83	20.00	34	8.62	3.80	5.56	2.44	7.49	1.75	4.06	0.37	0.75	2.63	0.76
Paúl	mín.	7.19	20.80	31	6.26	3.40	5.56	2.44	7.44	1.61	4.27	0.11	0.48	0.75	0.28
	máx.	7.21	23.20	31	6.58	3.80	6.92	4.88	7.60	2.13	4.69	0.65	0.74	3.05	2.18
Negra	mín.	7.54	12.80	140	8.14	1.40	23.60	30.50	16.10	3.54	14.01	1.53	4.68	6.75	10.91
	máx.	8.44	14.90	143	10.04	3.60	41.14	52.46	16.67	3.89	14.30	1.66	5.20	7.79	13.55
Comprida	mín.	6.84	14.60	76	8.48	0.60	10.48	12.20	15.47	2.87	9.16	0.98	1.73	1.90	3.03
	máx.	7.71	19.90	92	9.15	2.80	15.60	18.30	17.40	4.37	10.60	1.05	3.11	5.30	3.77
Funda	mín.	6.71	13.30	123	3.30	1.00	24.76	32.94	11.37	2.34	12.52	1.51	3.41	4.00	4.79
	máx.	9.94	23.40	148	9.60	8.40	38.32	45.14	18.90	3.54	14.25	1.88	4.61	7.98	8.00
Rasa	mín.	5.43	15.10	66	3.45	1.00	2.08	1.22	15.64	2.80	8.69	0.38	1.32	0.37	1.09
	máx.	7.38	21.60	71	7.04	3.20	7.00	6.10	17.62	3.11	9.47	0.63	1.44	0.73	3.01
Lomba	mín.	6.30	14.50	55	8.13	0.70	4.06	5.49	10.79	2.63	6.50	0.36	1.39	0.72	1.02
	máx.	8.56	20.50	60	8.80	6.00	10.84	12.20	13.80	3.92	7.32	0.51	1.76	2.01	4.30
Enxofre	mín.	5.35	14.07	591	6.27	75.00	223.72	200.08	54.60	31.33	44.24	1.20	34.84	25.94	46.94
	máx.	6.07	15.30	611	7.50	284.10	456.14	268.40	57.10	33.32	51.02	5.72	41.10	30.15	50.75
A. Carvão	mín.	7.68	11.40	82	7.98	0.80	33.60	42.70	14.07	2.69	28.32	2.49	0.03	0.52	45.65
	máx.	8.86	12.20	179	9.81	6.10	44.38	62.22	15.76	5.03	36.09	2.64	0.05	0.93	53.29

Relativamente ao perfil realizado no mês de Maio na Lagoa Comprida não se podem tirar qualquer tipo de elações uma vez que não foi possível concluí-lo.

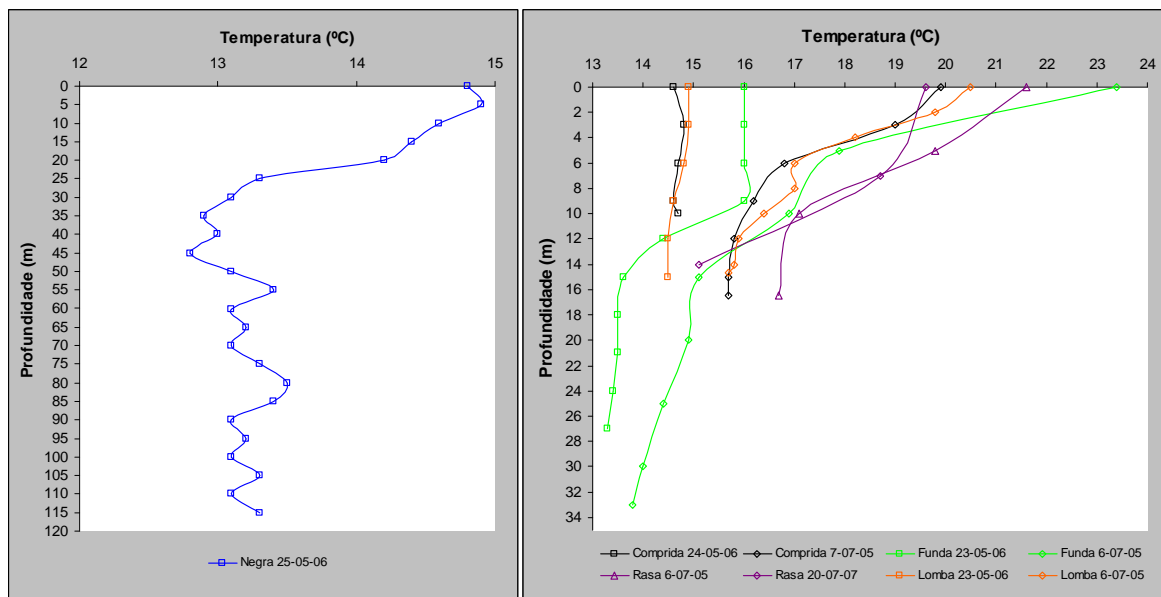


Fig. 4.24. Perfis de temperatura realizados nas lagoas da ilha das Flores.

Os resultados apresentados vão ao encontro da relação existente entre a temperatura da coluna de água e a altitude em que se situa os lagos, apresentada na Figura 4.14. Deste modo, não existe estratificação da água no lago localizado a maior altitude (Lagoa da Lomba; 650 m). Por sua vez, a Lagoa Negra, localizada a uma cota de 490 m, possui uma descontinuidade térmica mais reduzida que a verificada na Lagoa Funda, que se situa a 371 m de altitude. No entanto, a maior profundidade dos lagos também poderá contribuir para a existência de diferentes descontinuidades térmicas na coluna de água dos mesmos.

Todos os perfis realizados no mês de Julho apresentam estratificação da coluna de água de origem térmica, com uma termoclina que se inicia na parte mais superficial do lago, com excepção da amostragem efectuada na Lagoa Rasa no dia 20 que, apesar de patentear uma descontinuidade térmica significativa, não evidencia um *hipolimnion* bem definido.

A temperatura nos lagos localizados no interior de grutas, a do Algar do Carvão (ilha Terceira) e a Lagoa da Furna do Enxofre (ilha Graciosa), devido ao facto de estarem protegidos naturalmente da radiação solar, ao evidenciam existência da continuidade térmica ao longo da coluna de água ao longo do ano (Fig. 4.25).

Como se verifica no gráfico relativo aos perfis dos lagos efectuados nestes locais, o lago do Algar do Carvão possui temperatura média da água de 11,8 °C, inferior à água da Lagoa da Furna do Enxofre (média = 14,8 °C), sendo, provavelmente, a maior altitude em que se localiza a Lagoa do Algar do Carvão a explicação desta diferença (Tabela 4.5).

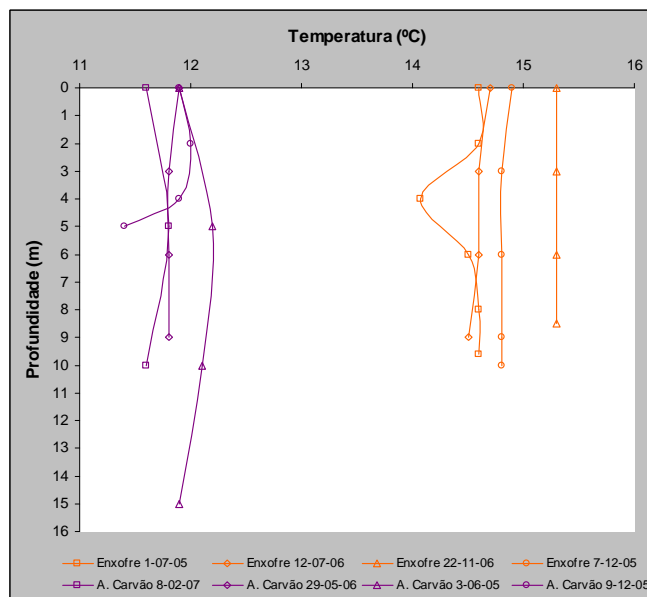


Fig. 4.25. Perfis de temperatura realizados nas Lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.

Não obstante, o enquadramento vulcanológico que se verifica no interior da Furna do Enxofre, designadamente, a descarga de fluidos hidrotermais no fundo do lago, poderá contribuir para a alteração da temperatura da água do lago.

4.2.2.2. Condutividade Eléctrica

A condutividade eléctrica, a qual mede a passagem de corrente eléctrica, é uma propriedade resultante do conteúdo em espécies iónicas dissolvidas e depende da concentração dos iões, mobilidade, valência, concentrações relativas e da temperatura da solução. Assim, à medida que aumenta o estado de ionização de uma solução, o valor da sua condutividade será maior.

A vantagem de utilizar este método quantitativo reside no facto do valor analisado ser directamente proporcional à mineralização total da água, tornando-se numa ferramenta eficaz e de aplicação fácil na medição deste parâmetro no terreno.

A determinação dos sólidos dissolvidos *totais* envolve um método de análise moroso e que requer grande quantidade de água, contrariamente à determinação imediata da condutividade eléctrica, essencial quando aplicado na monitorização da qualidade da água, particularmente, em situações de vigilância sismovulcânica.

A determinação da condutividade é efectuada através da passagem de corrente eléctrica alternada de baixa frequência, de forma a impedir a polarização da superfície dos eléctrodos que possuem dimensões e distâncias específicas, como se afere na bibliografia da especialidade (Fetter, 1994; Wilson 1995; Reeve, 2002).

Da análise das Tabelas 4.1 e 4.2, podemos constatar que os sistemas lacustres da ilha de São Miguel correspondem, genericamente, a águas pouco mineralizadas, como o demonstram os valores da média e da mediana calculados. O valor máximo medido (159 $\mu\text{S}/\text{cm}$) corresponde a uma amostra do fundo da lagoa Verde, nas Sete Cidades, e o menor valor registou-se na Lagoa do Fogo (14 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

De uma forma geral, o valor da condutividade entre os lagos é bastante próximo, como se verifica pelos valores da média e mediana, com excepção da Lagoa do Fogo que manifesta uma menor mineralização da água.

Os perfis efectuados em cada uma das épocas também apresentam valores relativamente constantes ao longo da coluna de água, como se depreende dos resultados do coeficiente de variação que, na generalidade, são inferiores a 9%. Apenas a Lagoa do Fogo e os perfis efectuados no Inverno na Lagoa de Santiago apresentam um coeficiente de variação superior.

Como se observa na projecção dos perfis efectuados nos diferentes lagos (Fig. 4.26, as amostragens efectuadas no Inverno explicam o maior coeficiente de variação na Lagoa do Fogo e de Santiago que de uma forma geral tendem a afastar-se da média.

A variação da condutividade expressa nos gráficos, neste período do ano, relaciona-se com a recarga dos sistemas lacustres através da precipitação, da escorrência superficial e da circulação de água no sistema, que ocorre devido à ausência de estratificação térmica.

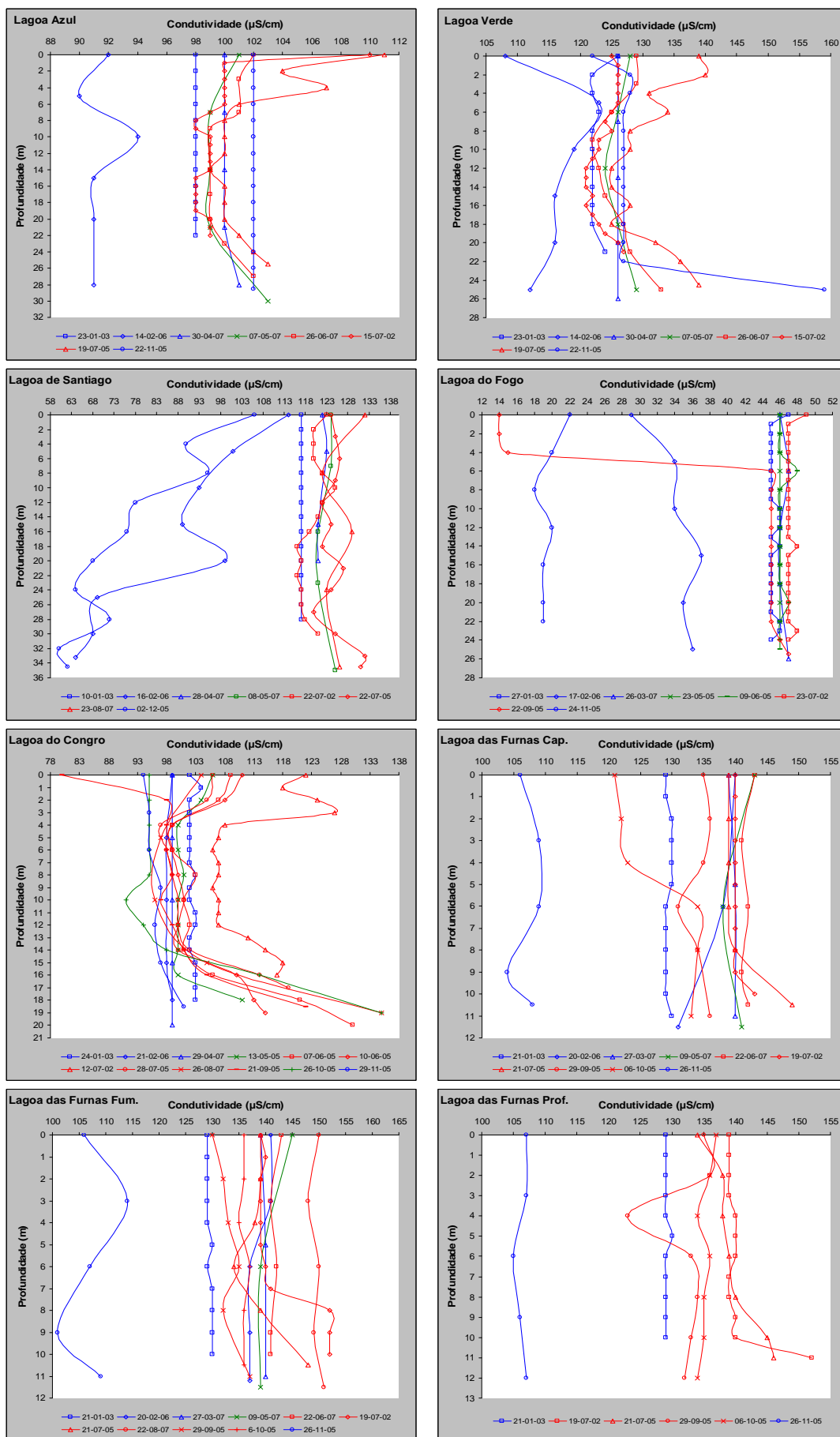


Fig. 4.26. Perfis de Condutividade eléctrica realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.

No Verão, os perfis demonstram um padrão comum na coluna de água, como melhor se depreende do gráfico relativo à Lagoa do Congro.

O *epilimnion* apresenta um decréscimo do valor da condutividade possivelmente relacionado com a maior produtividade que existe nos lagos, nomeadamente, a acção do fitoplâncton sobre os iões, particularmente, o catião cálcio.

O valor deste parâmetro estabiliza no *metalimnion* para aumentar no fundo do lago.

O aumento da mineralização no *hipolimnion* dos lagos relaciona-se com os processos de lixiviação do substrato e das reacções que ocorrem no sedimento dos lagos. Também a contaminação da água dos lagos por sais de origem marinha e por processos relacionados com a eutrofização não explicam, na totalidade, o incremento da mineralização em muitos destes sistemas, em particular no *hipolimnion*, situação que será posteriormente discutida em pormenor.

Na ilha do Pico, a água dos lagos é pouco mineralizada como se depreende dos valores da condutividade eléctrica medidos (Fig. 4.27), os mais baixos da totalidade dos lagos estudados (31–35 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Tabela 4.5).

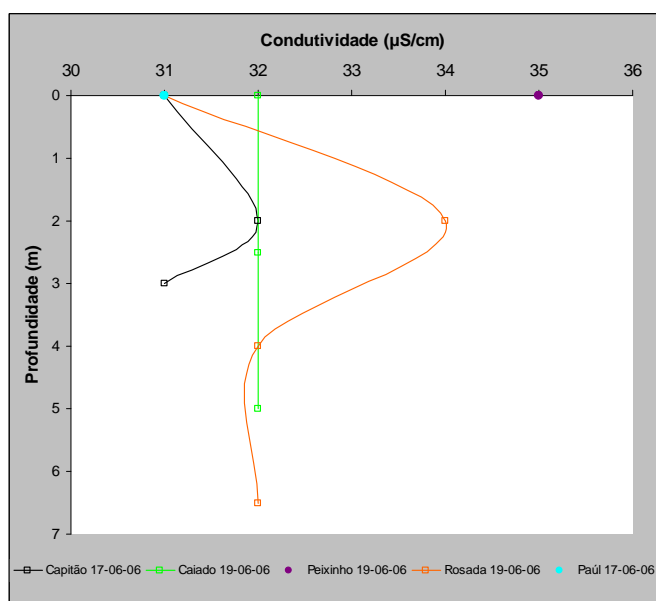


Fig. 4.27. Perfis de Condutividade eléctrica realizados nas lagoas da ilha do Pico.

Estes valores sugerem que a interacção água/rocha é reduzida devido ao baixo tempo de residência da água, reflexo do pequeno volume de água dos sistemas aquáticos e sobretudo da elevada amplitude de oscilação do nível das lagoas em resposta às condições climáticas (Antunes *et al.*, 2007)

Da análise da figura 4.28, depreende-se que existe uma relação entre o aumento da área e da profundidade das lagoas na ilha das Flores e o incremento da mineralização nestes sistemas. As Lagoas do Negro e Funda apresentam os maiores valores de condutividade, na mesma ordem de grandeza que nos lagos da ilha de São Miguel e as restantes lagoas, com mineralizações superiores aos sistemas lacustres da ilha do Pico (Tabela 4.5).

As leituras da condutividade eléctrica, efectuadas nesta ilha são congruentes com os restantes sistemas estudados, uma vez que evidenciam um aumento do tempo de residência da água, face ao incremento do volume de água dos lagos e consequente aumento da componente derivada das rochas.

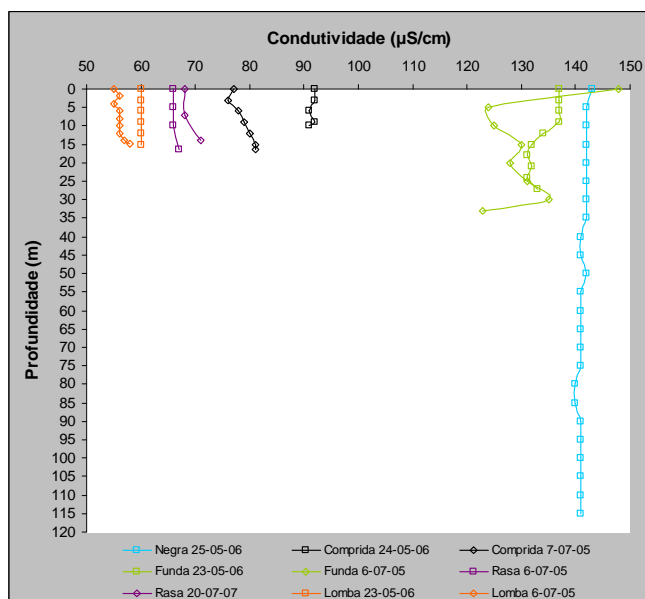


Fig. 4.28. Perfis de Condutividade eléctrica realizados nas lagoas da ilha das Flores.

Não obstante, existe um afastamento relativo ao valor da condutividade, entre a Lagoa Rasa e a Lagoa Comprida, atendendo à área e profundidade dos lagos (Tabela 3.1). Este ligeiro aumento da mineralização da Lagoa Comprida deve-se, provavelmente, à escorrência superficial de duas nascentes de água mineral

localizadas na margem do lago, situação única face aos trabalhos de campo efectuados nos lagos.

A Lagoa do Caldeira, situada na ilha do Corvo, apresenta um valor de condutividade ($67 \mu\text{S/cm}$), na amostragem realizada à superfície, semelhante aos lagos com menor volume da ilha das Flores.

Os lagos localizados no interior das grutas lávicas, na ilha Terceira e da Graciosa, devido ao seu peculiar enquadramento, apresentam os maiores valores de condutividade nas diversas campanhas efectuadas (Fig. 4.29).

Os perfis efectuados registam, de uma forma geral, resultados constantes em profundidade nos dois lagos devido à insignificante interacção biótica, resultante da falta da radiação solar, e da ausência de estratificação.

O lago localizado no interior do Algar do Carvão na ilha Terceira apresenta uma dimensão e volume reduzidos, apresentando uma grande variação do nível do lago sazonalmente. Nesta gruta, existem inúmeros depósitos de sílica e a concentração deste elemento na água do lago é muito semelhante aos valores obtidos na Furna do Enxofre, que representam as maiores concentrações de todos os lagos estudados. A água de precipitação que escorre ao longo das paredes da gruta e que alimenta o lago é o principal agente mineralizador do sistema.

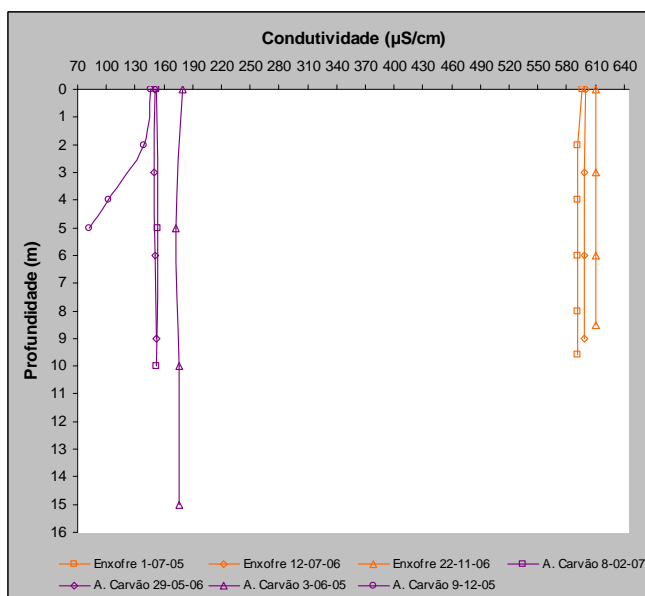


Fig. 4.29. Perfis de Condutividade eléctrica realizados nas lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.

Como se depreende dos dados apresentados, a Lagoa da Furna do Enxofre corresponde à água mais mineralizada devido, em especial, à contaminação do sistema por fluidos de origem vulcânica.

4.2.3. Parâmetros químicos

4.2.3.1. pH

O pH resulta da determinação da actividade do ião hidrogénio livre não complexado, devido à impossibilidade de se medir a concentração do hidrogénio total numa solução. Deste modo, o pH é igual ao logaritmo negativo do hidrogenião H^+ (Deutsch, 1997):

$$pH = - \log [H^+]$$

A actividade deste ião reveste-se de grande importância devido à sua participação na generalidade das reacções que caracterizam a qualidade da água, nomeadamente, quando associado ao potencial *redox*, que influencia o equilíbrio geoquímico e a solubilidade de muitas espécies, incluindo os metais (Wilson, 1995).

A determinação isolada do pH nos lagos reflecte unicamente a actividade do ião na amostra de água, não fornecendo outra informação adicional, designadamente, acerca da capacidade tamponizante dos sistemas, uma vez que a capacidade de neutralização dos sistemas lacustres é fulcral para manter o pH na água.

Contudo, é fundamental compreender que a dinâmica dos sistemas aquáticos são ambientes extremamente complexos e que pelo facto de se analisar e tecer algumas considerações acerca dos diferentes elementos não implica a simplificação de todo o equilíbrio que se estabelece nos lagos.

Como já foi referido, os fenómenos geoquímicos que ocorrem nos ambientes aquáticos dependem grandemente do pH, tratando-se de um elemento importante que comanda o sentido de muitas reacções nos sistemas lacustres. No entanto, trata-se de um elemento que também depende de muitos outros, em particular das diferentes espécies de carbono inorgânico que, indirectamente, alteram a concentração dos iões de hidrogénio.

Também os processos biológicos que ocorrem nos lagos têm um papel fundamental no quimismo da água. Em muito dos lagos estudados, que apresentam um grande índice de produtividade, reflectido na abundância algal através dos processos fotossintéticos, pode aumentar significativamente o pH nestas águas, através da remoção do dióxido de carbono aquoso. Esta reacção converte o anião bicarbonato no anião carbonato que fica disponível para reagir, nomeadamente com o catião cálcio dando origem à precipitação do carbonato de cálcio. Do ponto de vista termodinâmico poderíamos seguir a interacção dos minerais precipitados, o que reflecte a complexidade destes sistemas devido à existência de inúmeras variáveis a considerar. A somar a todas estas variáveis existem outras, tais como a fase gasosa e a existência dos diferentes organismos nos lagos.

Os lagos como sistemas dinâmicos abertos possuem diversas entradas e saídas de massa e energia. Deste modo, não existe um verdadeiro estado de equilíbrio nestes sistemas, mas é possível que subsista um estado próximo do equilíbrio nalguns períodos.

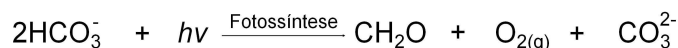
A complexidade dos biota, designadamente as algas e bactérias, têm uma acção directa sobre algumas espécies químicas. Assim, definir o quimismo de um sistema lacustre com base nos parâmetros ácido/base, solubilidade e constantes de equilíbrio, potencial redox, pH e outros parâmetros químicos torna-se impossível. Todavia, os sistemas devem ser estudados através de modelos simplificados, muitas vezes debruçando-nos sobre conceitos de equilíbrio químico. Deste modo, é fundamental simplificar os modelos ou seccionar os temas de estudos de modo a compreenderem-se as condições que determinam as espécies químicas e suas reacções nos sistemas de águas naturais (Manahan, 2000).

O pH nos lagos localizados na ilha de São Miguel, apesar de existir uma variação sazonal no valor deste elemento, é tendencialmente, alcalino como se observa na Figura 4.30.

As lagoas com índices de eutrofização mais elevados apresentam valores de pH próximo de 10, normalmente no período de Verão, época em que registam os valores máximos deste parâmetro (Tabela 4.1). É nesta época que ocorre o

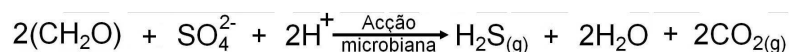
“bloom” de algas, alterando inclusive a cor da água dos lagos, diminuindo a profundidade da zona eufótica e retendo mais energia calorífica nos primeiros metros de profundidade.

A existência de condições ideais para uma maior produtividade dos sistemas lacustres, permite que as algas sequestram o dióxido de carbono sob a forma aquosa que, por sua vez, converte o bicarbonato em carbonato através da seguinte reacção (Manahan, 2000):



Esta situação ocorre na zona dos lagos onde existe maior radiação solar necessária aos processos de fotossíntese. Deste modo, verifica-se uma diminuição do pH ao longo da coluna de água, que é coincidente com o traçado dos perfis de temperatura, situação mais perceptível nos lagos com valores mais altos de pH à superfície, como é o caso das Lagoas Verde, do Santiago e do Congro. Este último lago apresenta uma menor camada de água mais alcalina, possivelmente relacionada com a maior produtividade biológica.

O pH decresce ao longo da coluna de água que, no entanto, apresenta valores ligeiramente alcalinos, como se depreende dos valores da média e mediana e se constata no traçado dos perfis. No fundo dos lagos, o pH tem tendência a ser ligeiramente ácido, devido ao processo da respiração ser característico do fundo dos lagos. Deste modo, o valor do pH decresce nos lagos que possuem estratificação da água durante um período relativamente longo devido ao *input* de CO_2 , como se depreende da seguinte reacção (Manahan, 2000; Walther, 2005):



Contudo, ressalva-se que a intervenção microbiana no fundo dos sistemas aquáticos é relevante na introdução do dióxido de carbono no sistema, a partir da decomposição da matéria orgânica, como se depreende da fórmula, quando o fundo do lago é oxigenado, como será discutido mais à frente.

No Inverno, a circulação da água tende a homogeneizar o pH na coluna de água, como se depreende do menor coeficiente de variação (Tabela 4.2). Todavia, o pH apresenta valores numa gama alargada de pH, possivelmente relacionado com factores atmosféricos mais estáveis no Inverno.

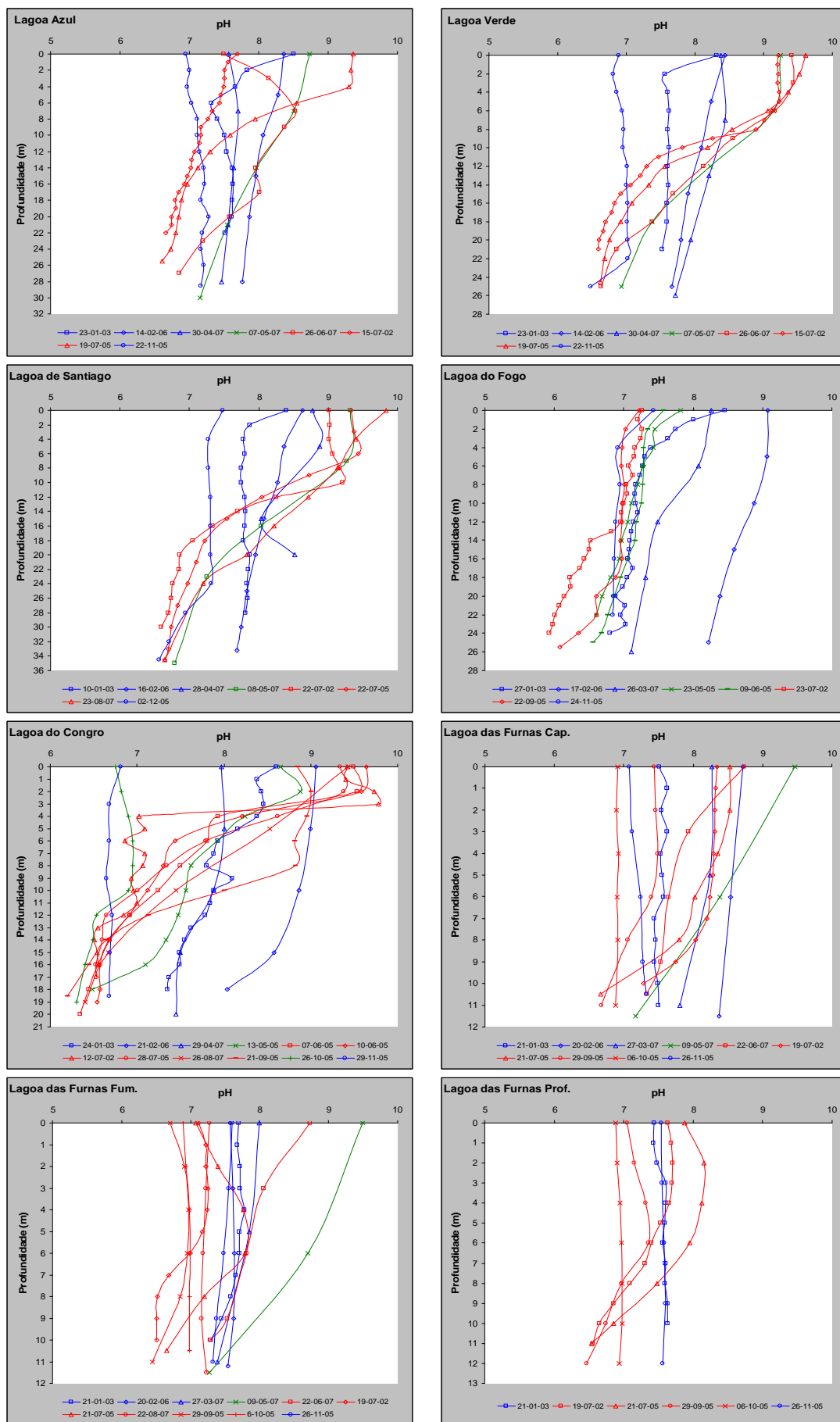


Fig. 4.30. Perfis de pH realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.

A Lagoa do Fogo, lago oligotrófico, apresenta um pH da água à volta da neutralidade, como se depreende dos valores de tendência central da Tabela 4.1. Este sistema aquático apresenta um comportamento antagónico em relação aos restantes, com os maiores valores de pH da água registados no período de Inverno, o que poderá reflectir um aumento da produtividade do lago nos anos de 2006 e de 2007.

A água do fundo do lago é a mais ácida, comparativamente, com os restantes lagos. No entanto, verifica-se a acção tamponizante do sistema, com reflexo no ligeiro aumento de pH no *hipolimnion*, em comparação com o pH da água da chuva (Tabela 4.6).

O equilíbrio químico que ocorre no lago, nomeadamente com as trocas iónicas poderá, explica a ligeira diminuição da mineralização da água quando comparada com os valores da água da chuva.

Tabela 4.6. Valores de temperatura, condutividade eléctrica e pH referentes à água da chuva. As amostragens foram efectuadas junto à margem da Lagoa das Sete Cidades e da Furnas. No maciço do Fogo, a água de precipitação foi recolhida no Pico da Barrosa.

Local	Data	Temp. (°C)	Cond (uS/cm)	pH
7 Cidades	04-04-2006	15.3	99	5.55
Fogo	04-04-2006	17.3	129	4.99
Furnas	04-04-2006	18.4	84	5.91

Na ilha do Pico, a amostragem efectuada no mês de Junho apresenta um valor de pH que varia à volta do pH neutro, na generalidade dos lagos (Fig. 4.31). Na segunda amostragem, realizada no final do Verão, alguns dos lagos estudados apresentam um valor na escala de pH alcalino à superfície da água e que tende a diminuir para valores à volta da neutralidade.

No entanto, alguns dos lagos, como a Lagoa do Caiado e a Lagoa do Capitão, apresentam perfis que demonstram um aumento do valor de pH em profundidade, situação que poderá estar relacionada com a menor entrada de água de origem atmosférica no período em questão.

A Lagoa do Caiado apresenta indícios claros de eutrofização pelo volume de algas visível à superfície da água. No entanto, ostenta um valor de pH ligeiramente ácido, e que é inferior aos restantes sistemas lacustres, onde não se

detectou o mesmo volume de algas à superfície da água. O facto de os lagos sofrerem grande oscilação sazonal do nível de água de se situarem a uma altitude com nevoeiros persistentes, de não existir estratificação da água no Verão e de encerrarem pequenos volumes de água poderá mascarar esta situação.

Da análise da Figura 4.32, é perceptível que a Lagoa Negra, na ilha das Flores, apresenta um perfil de pH com um comportamento antagónico em relação aos restantes lagos da ilha. A camada mais superficial do lago apresenta um resultado de pH ligeiramente inferior, devido à mistura da água do *epilimnion* com a água de precipitação, com valores ligeiramente mais alcalinos ao longo da coluna de água, em resultado da capacidade tampão das águas naturais.

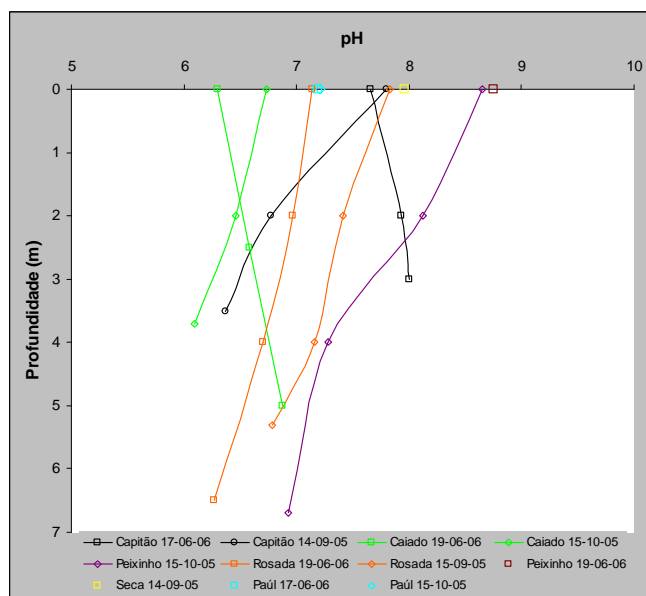


Fig. 4.31. Perfis de pH realizados nas lagoas da ilha do Pico.

Os restantes lagos apresentam, no epilimnion, um aumento do pH consoante o estado de eutrofização do lago. A Lagoa Funda exibe um resultado de pH próximo de 10, consequência da maior produtividade deste lago.

Com efeito, a abundância de fitoplankton à superfície da água na Lagoa Funda, extrapolada através da concentração de Clorofila *a* e de Feopigmentos, excede largamente a sua concentração, comparativamente aos outros lagos (Tabela 4.7; Aguiar *et al.*, 2008).

Como referido anteriormente, os valores de pH obtidos na Lagoa Funda quando comparados com os valores de Clorofila *a* sugerem a actividade biológica fotossintética como causa principal dos valores de pH muito elevados à superfície da água (Kent *et al.*, 2007).

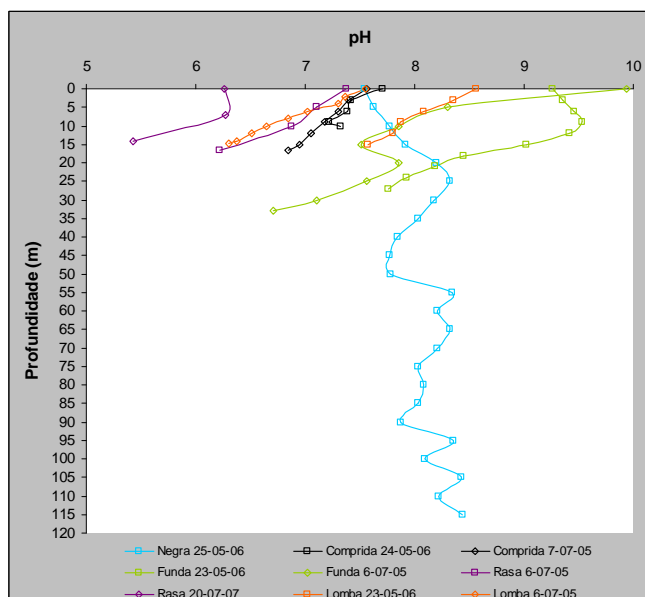


Fig. 4.32. Perfis de pH realizados nas lagoas da Ilha das Flores.

Tabela 4.7. Valores de Clorofila *a* e de Feopigmentos determinados a diferentes profundidades em 3 dos lagos estudados.

	Profundidade (m)	Clorofila <i>a</i> (ug/L)	Feopigmentos (ug/L)
Lagoa Funda	6	29,24	7,23
	11	6,80	2,72
	23	2,27	0,62
Lagoa Comprida	0	2,68	0,64
	7.5	3,09	1,09
	10	2,88	1,30
Lagoa Rasa	0	0,82	0,04
	7	1,03	0,41
	14	1,85	1,17

Valores muito altos de pH poderão tornar-se tóxicos para muitos dos organismos aquáticos, devido à sua intolerância a ambientes com pH superior a 9. Não obstante, as cianobactérias constituem uma excepção porque preferem ambientes alcalinos (superiores a 10), conseguindo aumentar o pH da água devido à produção fotossintética excessiva. Normalmente, esta situação ocorre

em detrimento de outro tipo de fitoplâncton (Wetzel, 1993; Lampert e Sommer, 2007).

Consequentemente, poderemos aferir através do pH o estado eutrófico destes sistemas lacustres, quando comparados entre si. Todavia, realça-se que o pH não constitui um parâmetro de medição do estado trófico dos sistemas.

Os resultados do pH e da condutividade eléctrica sugerem que a actividade biológica tem grande influência no quimismo da água. Os lagos menos produtivos apresentam maior acidez da água, compatível com a melhor qualidade dos sistemas aquáticos (Berner *et al.*, 1996). Também é nestes lagos que se verifica uma menor mineralização da água, apesar das características dos sistemas aquáticos da ilha do Pico e da Lagoa do Fogo com um maior volume de água que demonstram um equilíbrio químico diferente dos restantes lagos (Tabela 4.5).

Na ilha do Corvo, na amostragem de superfície efectuada na Lagoa do Caldeirão, registou-se um pH de 6,94.

A coluna de água do lago do Algar do Carvão apresenta valores de pH que variam, na sua generalidade, entre os 8 e 9 (Fig. 4.33).

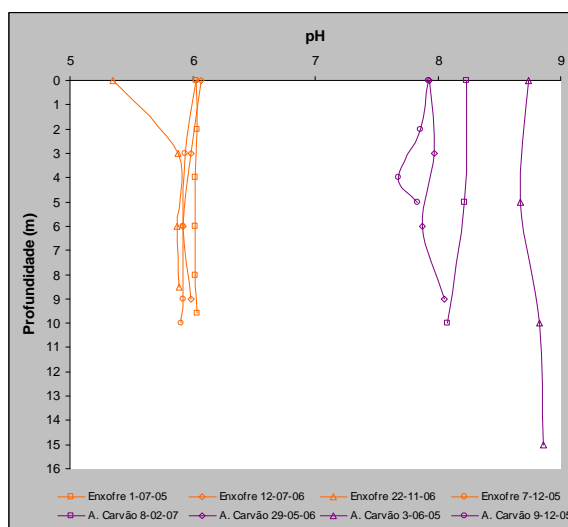


Fig. 4.33. Perfis de pH realizados nas lagoas do Algar do Carvão e da Forna do Enxofre.

Apesar da recarga do lago depender da precipitação, a acção tamponizante do sistema neutraliza a acidez da água do lago para valores tendencialmente alcalinos.

Na Furna do Enxofre, devido à contaminação da água do lago por voláteis de origem vulcânica, ocorre uma entrada significativa de CO₂ inorgânico, responsável pela acidez da água, como será discutido posteriormente.

4.2.3.2. O₂

Os lagos como sistemas superficiais abertos interagem com a atmosfera, processo importante que afecta a composição química dos lagos devido à troca de elementos entre a fase gasosa e a superfície da água.

A água tem a capacidade de dissolver uma maior ou menor proporção de gases, uns por simples dissolução, como por exemplo O₂, N₂, Ar, outros através de reacções químicas, como o CO₂, NH₃, e o SH₂. O coeficiente de dissolução varia em função da temperatura e a absorção de gases pela água diminui com o aumento da temperatura e com o aumento da força iónica. Deste modo, a água mais fria e mais pura tem maior capacidade de absorver um gás (Custódio, 1983).

Relativamente à fase gasosa, será discutido a acção do oxigénio e do dióxido de carbono nos sistemas estudados, uma vez que fazem parte dos parâmetros monitorizados na vigilância sismovulcânica e por serem os mais representativos na dinâmica dos lagos.

Atendendo que para condições estáveis durante um certo período de tempo seja possível alcançar um estado de equilíbrio entre os elementos de uma fase gasosa e de uma solução, que no caso do oxigénio seria representado pela equação:



A constante (K_H) desta reacção obedece às constantes da Lei de Henry que relaciona a concentração dos gases nas duas fases, na gasosa e na solução. Assim, para uma temperatura constante, a solubilidade de um gás num líquido é proporcional à pressão parcial do gás quando em contacto com o líquido.

Considerando que o oxigénio corresponde a 21% (com base numa mole) na composição das moléculas do ar atmosférico, a sua pressão parcial corresponde a 0,21 atm. Utilizando estas unidades, a constante de equilíbrio para a troca gasosa do oxigénio poderá ser representada pela seguinte equação:

$$K_{H,O_2} = \frac{O_{2(aq)}}{P_{O_2}}$$

No cálculo da solubilidade de um gás na água, é necessário corrigir a pressão parcial na água. Admitindo que a pressão parcial da água corresponde a 0,0313 atm (valor Tabelado para 25 °C) e a constante de equilíbrio de Henry para os gases na água a 25 °C ($1,28 \times 10^{-3}$ moles/L atm), poderemos calcular a solubilidade do oxigénio na água (Deutsch, 1997; Manahan, 2000):

$$P_{O_2} = (1 \text{ atm} - 0,0313 \text{ atm}) \times 0,21 = 0,20 \text{ atm}$$

$$O_{2(aq)} = 1,28 \times 10^{-3} \text{ moles/L atm} \times 0,20 \text{ atm} = 2,6 \times 10^{-4} \text{ moles/L}$$

Uma vez que o peso molecular do oxigénio é igual a 32 g/mole, a concentração de oxigénio na água será de:

$$O_{2(aq)} = 2,6 \times 10^{-4} \text{ moles/L} \times 32 \text{ g/mole} \times 1000 \text{ mg/g} = 8,33 \text{ mg/L}$$

Contudo, realça-se o facto de a solubilidade do oxigénio na água depender de diferentes factores e de não existir um verdadeiro estado de equilíbrio nestes sistemas abertos.

Também é importante distinguir a diferença entre a solubilidade do oxigénio, o máximo da concentração do oxigénio dissolvido em equilíbrio e a concentração do oxigénio dissolvido porque, geralmente, a sua concentração não se encontra em equilíbrio e é limitada pela taxa de dissolução do oxigénio (Manahan, 2000).

Contudo, poderemos considerar os 8,33 mg/L para uma situação ideal a 25 °C, como um valor de referência para a concentração deste parâmetro na água de superfície dos lagos.

Da análise dos perfis de oxigénio efectuados nos lagos de São Miguel (Fig. 4.34), que correspondem à série de dados mais completa, o resultado das amostragens efectuadas correspondem, *grossa modo*, ao que foi exposto.

Atendendo às análises efectuadas no Inverno, os valores de tendência central, média e mediana da Tabelas 4.1.e.4.2 apresentam valores muito próximos do valor calculado para o estado de equilíbrio entre as duas fases, devido à homogeneização do oxigénio na coluna de água e à circulação da água no

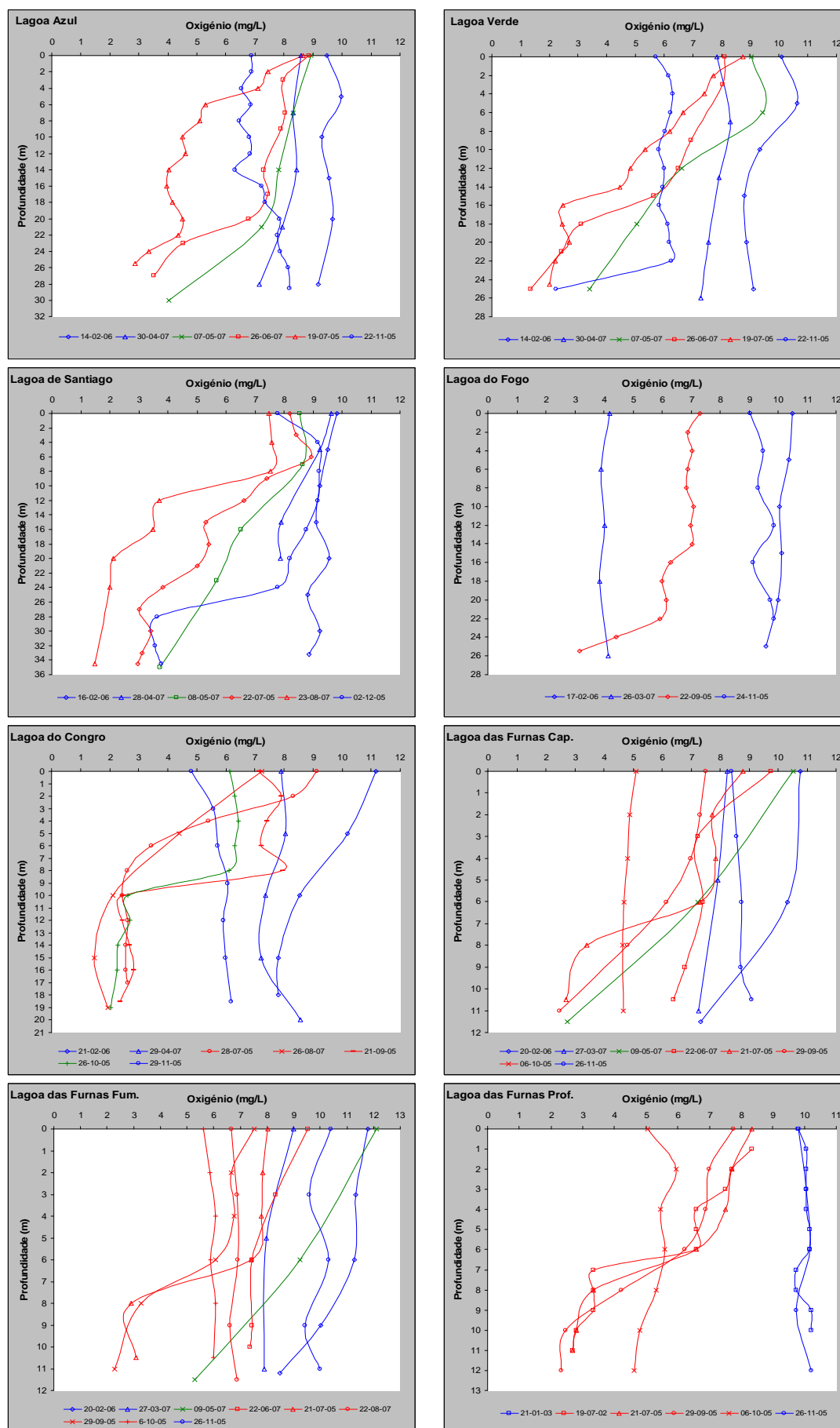
Inverno, como se depreende do menor coeficiente de variação calculado neste período em relação ao Verão. Contudo, existe uma variação considerável da concentração do oxigénio dissolvido, principalmente à superfície da água.

Os factores atmosféricos e biológicos contribuem para esta dinâmica, todavia a temperatura é o factor preponderante na variação da concentração do oxigénio à superfície da água como sucede na Lagoa do Congro. De facto, a solubilidade do oxigénio na água decresce de 14,74 mg/L a 0 °C para 7.03 mg/L a 35 °C (Manahan, 2000) pelo que se observa, de uma forma geral, uma diminuição da concentração deste parâmetro quando a temperatura do ar aquece.

Todavia, alguns lagos localizam-se a altitudes significativas, pelo que a pressão atmosférica neste locais é inferior a 1000 mg/g. Deste modo, a solubilidade do oxigénio na água será inferior ao calculado anteriormente, pelo que a maior concentração do oxigénio dissolvido deverá provir do processo fotossintético que ocorre nestes sistemas.

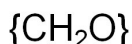
As amostragens efectuadas no Verão denotam a actuação do gradiente térmico da água sobre o perfil de oxigénio. O *epilimnion* retém a maior concentração deste elemento na água, devido à dissolução máxima do oxigénio para as condições do local, e também devido à sua produção, resultante da fotossíntese (Fig. 4.34).

A diminuição abrupta do oxigénio na coluna de água é congruente com a existência da termoclina na água dos lagos. Apesar da Lagoa das Furnas não apresentar uma estratificação da água bem definida, a diminuição da temperatura entre a superfície da água e o fundo é suficiente para que o gradiente térmico que se faz sentir em alguns dos perfis denote uma depleção do oxigénio em profundidade, situação bem definida nos lagos de maior profundidade. Também os perfis efectuados nos lagos no mês de Maio, considerado como a transição entre as duas épocas, apresentam um traçado em consonância com os verificados na Lagoa das Furnas.

Fig. 4.34. Perfis de O₂ realizados nas Lagoas da ilha de São Miguel.

Com efeito, no *hipolimnion* a concentração do oxigénio é comparativamente muito reduzida. Nos lagos muito produtivos, devido à eutrofização, existe maior degradação da matéria orgânica, que resulta na produção de dióxido de carbono no fundo deste sistemas e que controla, de forma indirecta, a concentração do oxigénio (White, 1999).

Se a matéria orgânica tiver origem biológica, poderá ser representada pela fórmula:



Assim, o consumo de oxigénio no *hipolimnion*, através da degradação da matéria orgânica, poderá ser expressa pela seguinte reacção biogeoquímica:



Estas reacções consomem sempre o oxigénio dissolvido e nunca o sintetizam (Wilson, 1995).

Segundo Manahan (2000), numa situação de equilíbrio ideal com a temperatura atmosférica de 25 °C, o peso do material orgânico necessário para consumir 8,3 mg de oxigénio num litro de água é de 7,8 mg de $\{\text{CH}_2\text{O}\}$, calculado pela fórmula anterior. Assim, a degradação de 7 a 8 mg de matéria orgânica pode consumir todo o oxigénio existente num litro de água.

Considerando o *hipolimnion* como um sistema fechado, face à situação de equilíbrio ideal na degradação da matéria orgânica, os resultados obtidos no Verão da Figura 4.26 são congruentes com a diminuição da concentração de oxigénio registada no fundo dos lagos.

É de salientar que as amostras de água do fundo dos lagos foram recolhidas, na sua generalidade, a 0,5 metros de distância do sedimento, devido ao tipo de garrafa amostradora utilizada. Deste modo, a água junto ao sedimento poderá apresentar uma menor concentração de O_2 , como se verifica no estado de anaerobiose detectados por (Medeiros *et al.*, 2005)

A concentração de 0,05 mg/L de oxigénio dissolvido é considerado limitante da actividade das bactérias aeróbias, pelo que a depleção do nível de oxigénio no *hipolimnion* reduz a degradação da matéria orgânica no *hipolimnion* (Wilson, 1995; Manahan, 2000).

Os cálculos estatísticos das Tabelas 4.1 e 4.2. demonstram que no período do Verão se registarem as menores concentrações de oxigénio dissolvido nos lagos (mínimo, média e mediana), devido à existência da estratificação da água, situação congruente com o maior desvio padrão e coeficiente de variação entre os valores verificados ao longo da coluna de água.

Nos lagos da ilha do Pico, devido às características dos lagos, a concentração do oxigénio dissolvido na coluna de água não apresenta variações significativas, pelas razões anteriormente discutidas (Fig. 4.35). No caso particular das trocas gasosas ar/água, estes sistemas lacustres apresentam áreas consideráveis, atendendo à profundidade dos sistemas lacustre pelo que a difusão do O_2 atmosférico permite uma boa oxigenação dos lagos (Tabela 4.5).

No entanto, existe uma ligeira diminuição da concentração do oxigénio nas lagoas do Peixinho e da Rosada, provavelmente relacionado com a pequena alteração do gradiente térmico nestes lagos, situação congruente com a maior concentração de O_2 verificada na amostragem efectuada na Lagoa Rosada no dia 19 de Junho de 2006 (menor temperatura da água).

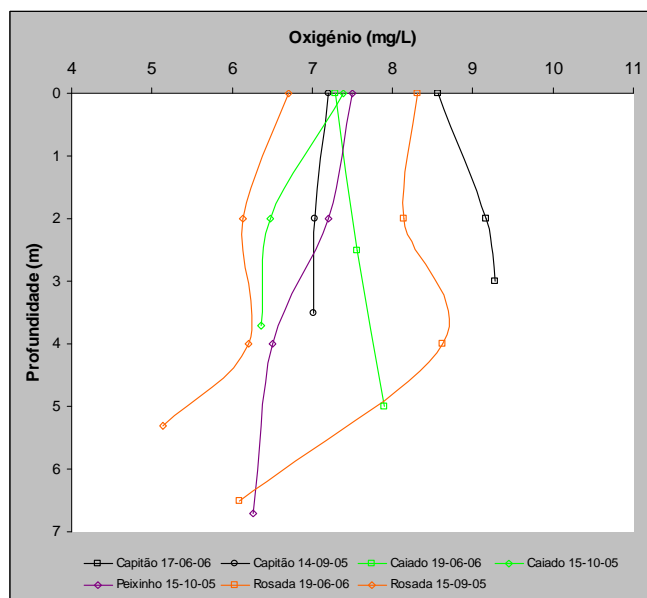


Fig. 4.35. Perfis de O_2 realizados nas lagoas da ilha do Pico.

A Lagoa Negra, na ilha das Flores, apresenta uma boa oxigenação da água em profundidade, indício da boa qualidade da água deste lago (Fig. 4.36).

A Lagoa Funda apresenta um resultado antagónico ao anterior, com a depleção do oxigénio em profundidade, resultado coerente com a maior concentração de fitoplankton no sistema, à semelhança do que acontece na generalidade dos sistemas lacustres da ilha de São Miguel.

Situação semelhante ocorre com o perfil efectuado na Lagoa Rasa, e como já discutido, a maior produtividade dos lagos condiciona a oxigenação do *hipolimnion* nestes reservatórios.

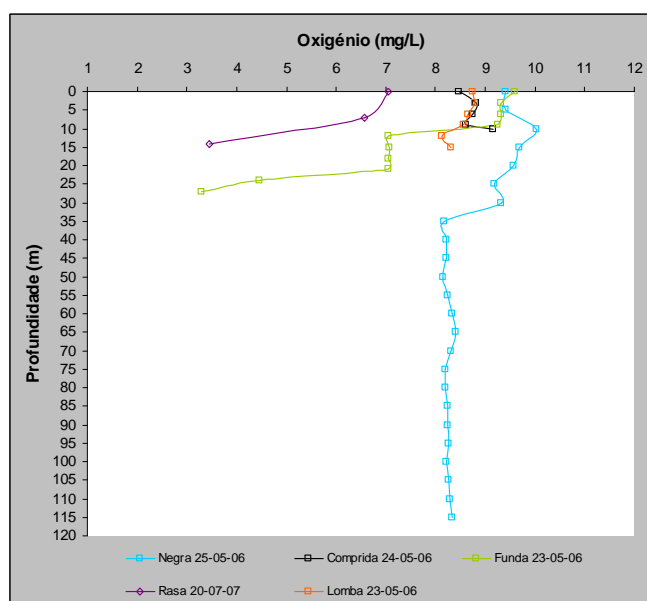


Fig. 4.36. Perfis de O_2 realizados nas lagoas da ilha das Flores.

A Lagoa Comprida apresenta um perfil de oxigénio dissolvido que revela uma boa oxigenação da coluna de água. Contudo, a análise da concentração da clorofila *a* e dos feopigmentos neste lago ostenta uma maior concentração do fitoplankton em relação à Lagoa Rasa. Estes dados indiciam que os factos da Lagoa Comprida se localizar a uma cota de 515 m, da amostragem ter sido efectuada no mês de Maio e da lagoa ter 17 metros de profundidade, indicam que o gradiente térmico da água poderá não ser suficiente, nesta altura do ano, para impedir a mistura da água em profundidade, devido principalmente aos ventos mais intensos que se fazem sentir neste local.

Na ausência de dados mais robustos, situação semelhante poderá ocorrer na Lagoa da Lomba.

Como se pode observar na Figura 4.37, a concentração de oxigénio dissolvido na água da Lagoa do Algar do Carvão apresenta a mesma ordem de grandeza que o valor calculado para a solubilidade do oxigénio na água. O enquadramento geológico e a temperatura da água do lago, que variou entre os 11,4 e os 12,2 °C nas diversas campanhas efectuadas, certamente contribuem para os valores analisados.

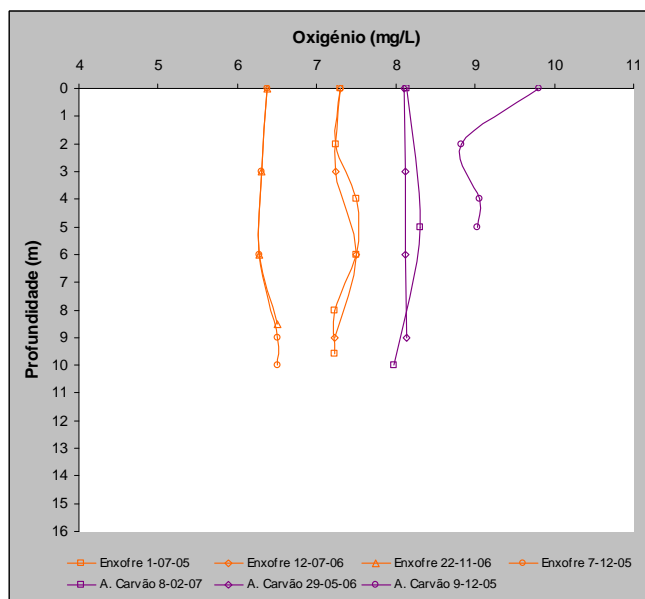


Fig. 4.37. Perfis de O₂ realizados nas lagoas do Algar do Carvão e da Forna do Enxofre.

Na Forna do Enxofre, lago que também se encontra protegido dos elementos naturais, à semelhança da Lagoa do Algar do Carvão, a concentração do O₂ dissolvido na água é inferior ao sistema anterior (Tabela 4.5).

A menor concentração deste composto poderá estar relacionada com a desgasificação difusa de CO₂ no interior da gruta. Uma vez que o dióxido de carbono é mais denso que o ar atmosférico e o lago ocupa a zona mais baixa da Forna, a difusão gasosa entre o ar atmosférico e a água do lago poderá ser reduzido pela interferência do dióxido de carbono de origem vulcânica.

4.2.3.3. CO₂

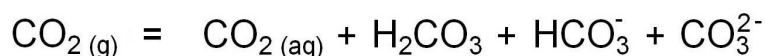
À semelhança do oxigénio, a origem e concentração do dióxido de carbono na água dos lagos poderá depender de vários factores mais ou menos complexos,

sendo um composto fundamental na determinação do equilíbrio químico destes sistemas lacustres.

O dióxido de carbono é muito solúvel na água, cerca de 200 vezes mais que o oxigénio, o qual obedece às leis normais da solubilidade de gases para as condições de temperatura e pressão verificadas nos lagos. A concentração de CO_2 dissolvido na água a partir da concentração atmosférica (0,033 %) é cerca de 1,1 mg/L a 0 °C, 0,6 mg/L a 15 °C e 4 mg/L a 30 °C (Wetzel, 1993).

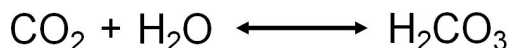
A maior solubilidade deste composto na água deve-se às trocas gás/água se processarem através de reacções químicas, pelo que a constante da Lei de Henry não poderá ser aplicada directamente, devido ao dióxido de carbono (gasoso), quando em contacto com a água, originar outras espécies dissolvidas contendo a componente do gás – ácido carbónico, bicarbonato e carbonato (Custódio, 1983; Deutsch, 1997).

A solubilidade do gás corresponde à quantidade total de gás que é dissolvido na água e que se traduz pela soma das espécies de carbono inorgânico em solução:



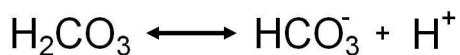
No entanto, poderemos assumir que a concentração do $\text{CO}_2(\text{aq})$ depende da pressão parcial do $\text{CO}_2(\text{g})$, segundo a constante da Lei de Henry ($\text{CO}_{2(\text{g})} \leftrightarrow \text{CO}_{2(\text{aq})}$; Deutsch, 1997).

A hidratação do dióxido de carbono dissolvido resulta na formação de um ácido fraco (ácido carbónico), segundo uma reacção lenta:



Esta reacção, apesar de ser independente do pH, ocorre normalmente a um pH = 8 ou inferior, com uma concentração de equilíbrio do H_2CO_3 em relação ao CO_2 não hidratado, de cerca de 1/400, e com uma constante de equilíbrio de 10^{-5} moles/L a 25 °C (Wetzel, 1993; Deutsch, 1997).

Este ácido fraco dissocia-se rapidamente em solução, comparativamente com a reacção de hidratação anterior, dando origem ao bicarbonato. Como esta reacção envolve o hidrogénio, a sua concentração é dependente do pH:



Em solução, o aumento da concentração de bicarbonato corresponde ao aumento do pH (Fig. 4.38). O bicarbonato atinge a concentração do ácido carbónico a um pH = 6,4, e que corresponde ao valor da constante de equilíbrio ($10^{-14,8}$) da reacção de formação. Acima do valor de pH = 6,4 a concentração do bicarbonato excede a concentração do ácido carbónico.

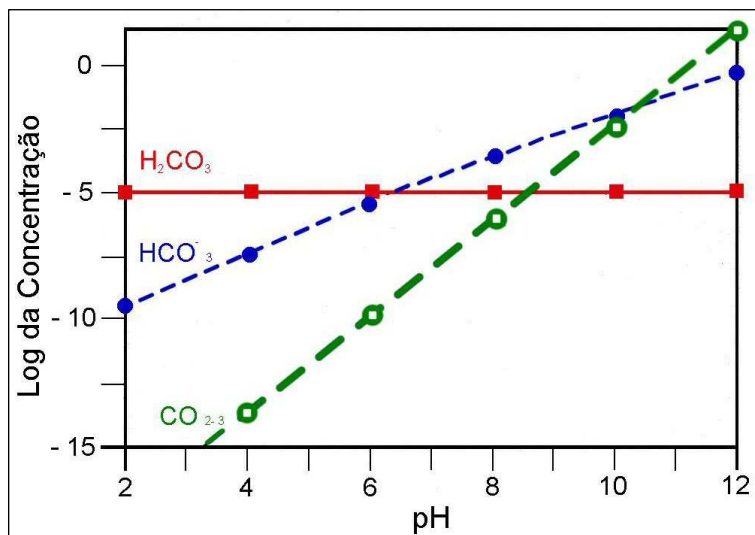
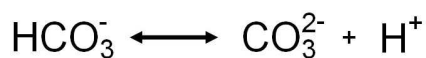


Fig. 4.38. Comportamento das espécies carbonatadas em função do pH num sistema aberto ($P_{\text{CO}_2} = 10^{-3,5}$ atm; adaptado de Deutsch, 1997).

A reacção que origina o carbonato também é dependente do pH da solução que, no entanto, apresenta o dobro do declive da recta anterior devido à reacção que origina o carbonato, a partir do H_2CO_3 , libertar dois iões de hidrogénio:



Deste modo, o aumento da concentração do carbonato na água faz-se duas vezes mais rápido que a concentração do bicarbonato e atinge a mesma concentração a um pH = 10,3, que corresponde à constante de equilíbrio da reacção de formação do carbonato a partir do bicarbonato (Deutsch, 1997; White, 1999).

Assim, nos lagos como sistemas abertos, o *epilimnion* será grandemente influenciado pela componente de dióxido de carbono proveniente das trocas gasosas que se processam à superfície do lago e que são dependentes do pH.

Deste modo, haverá uma maior dissolução deste componente consoante o aumento do pH da água.

Segundo Deutsch (1997), a concentração de dióxido de carbono dissolvido na água e em equilíbrio com o ar atmosférico será de 0,4 mg/L, para um pH à volta de 6 e de 18 mg/L, para um pH = 8 e para uma pressão parcial do dióxido de carbono de 0,0003 atm.

Contudo, a quantidade de CO₂ na água mais superficial depende, essencialmente, da fotossíntese e da respiração, que em águas mais produtivas tende a aumentar o fluxo de dióxido de carbono atmosférico para a água. Os equilíbrios das reacções apresentadas têm como resultado uma acção tamponizante da água alcalina, sendo a componente do bicarbonato dominante, como se depreende da Figura 3.38 (Wetzel, 1993).

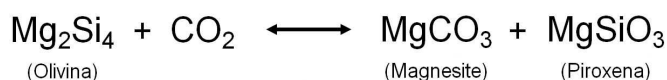
Também há a considerar uma parte do dióxido de carbono nos lagos que têm uma proveniência orgânica. A acção do metabolismo das bactérias sobre a decomposição da matéria orgânica e a respiração dos organismos, em particular os bentónicos, contribuem para a produção do carbono orgânico com origem no *hipolimnion*.

Além da degradação heterotrófica da matéria orgânica, a produção de dióxido de carbono e a redução do pH são intensificadas pela fermentação do metano, da nitrificação da amónia e a oxidação dos sulfuretos produzidos pelas bactérias no sedimento (Wetzel, 1993). Todavia, os lagos eutrofizados revelam um ambiente de anóxia no *hipolimnion* quando existe estratificação da água que limita a produção de CO₂ através da degradação da matéria orgânica, que se efectua através de processos anaeróbicos (Wilson, 1995; Manahan 2000).

Os lagos localizados no interior de vulcões activos poderão receber entradas significativas de CO₂, além das entradas descritas anteriormente. Apesar destes lagos poderem apresentar características semelhantes aos restantes, por vezes a água é quente e muito mineralizada. Com efeito, alguns destes sistemas, como algumas massa de água localizadas na Indonésia, são formados por misturas de ácidos, como o sulfúrico e o clorídrico, representando as águas naturais mais ácidas e mineralizadas do mundo. Apesar da entrada do dióxido de carbono nos lagos não ser totalmente compreendida, tal como outros voláteis de origem

magmática, quando libertos poderão contaminar a água dos lagos através da exsolução de um magma ou de nascentes hidrotermais no fundo destes sistemas aquáticos (Delmelle e Bernard, 2000).

O carbono não é um elemento muito abundante na Terra, mas poderá estar presente numa quantidade significativa no núcleo. Em condições de oxidação, este elemento ocorre sob a forma de dióxido de carbono que, a profundidades entre os 70 e os 100 km, reage com os silicatos do manto para formar silicatos:



A solubilidade do dióxido de carbono nos magmas varia rapidamente com a diferença de pressão, em função da profundidade. A exsolução deste composto, num magma que ascende do manto, ocorre por volta dos 60 km de profundidade e rapidamente chega à superfície, juntamente com outros voláteis, muito antes da ocorrência de uma erupção vulcânica. O dióxido de carbono é um componente muito importante da fase gasosa dos magmas do tipo MORB e OIB (Albarède, 2003).

O CO₂ poderá contribuir para o aumento da concentração de outras espécies nas águas dos lagos quando este reage e se transforma em ácido carbónico. Este ácido fraco provoca a lixiviação do material rochoso, libertando catiões metálicos alcalinos e alcalino-terrosos. A solução rica em CO₂ preenche os poros do material sedimentar nos lagos, reagindo com este (Kusakabe *et al.*, 1989). Devido à conjugação de diferentes processos, o dióxido de carbono poderá acumular-se nas águas mais profundas dos lagos (*hipolimnion*), enquanto que o *epilimnion*, normalmente, possui menor concentração de CO₂ devido à sua libertação para a atmosfera e à sua fixação em resultado da fotossíntese (Aguilera *et al.*, 2000; Berner e Berner, 1996).

Salienta-se que o CO₂ poderá ser a principal fonte de acidificação das águas dos lagos (Varekamp *et al.*, 2000). No entanto, as rochas dos lagos vulcânicos actuam como tampão e provocam a neutralização das águas mais ácidas através da interacção água-rocha e, conseqüentemente, a entrada em solução de catiões (Aguilera *et al.*, 2000).

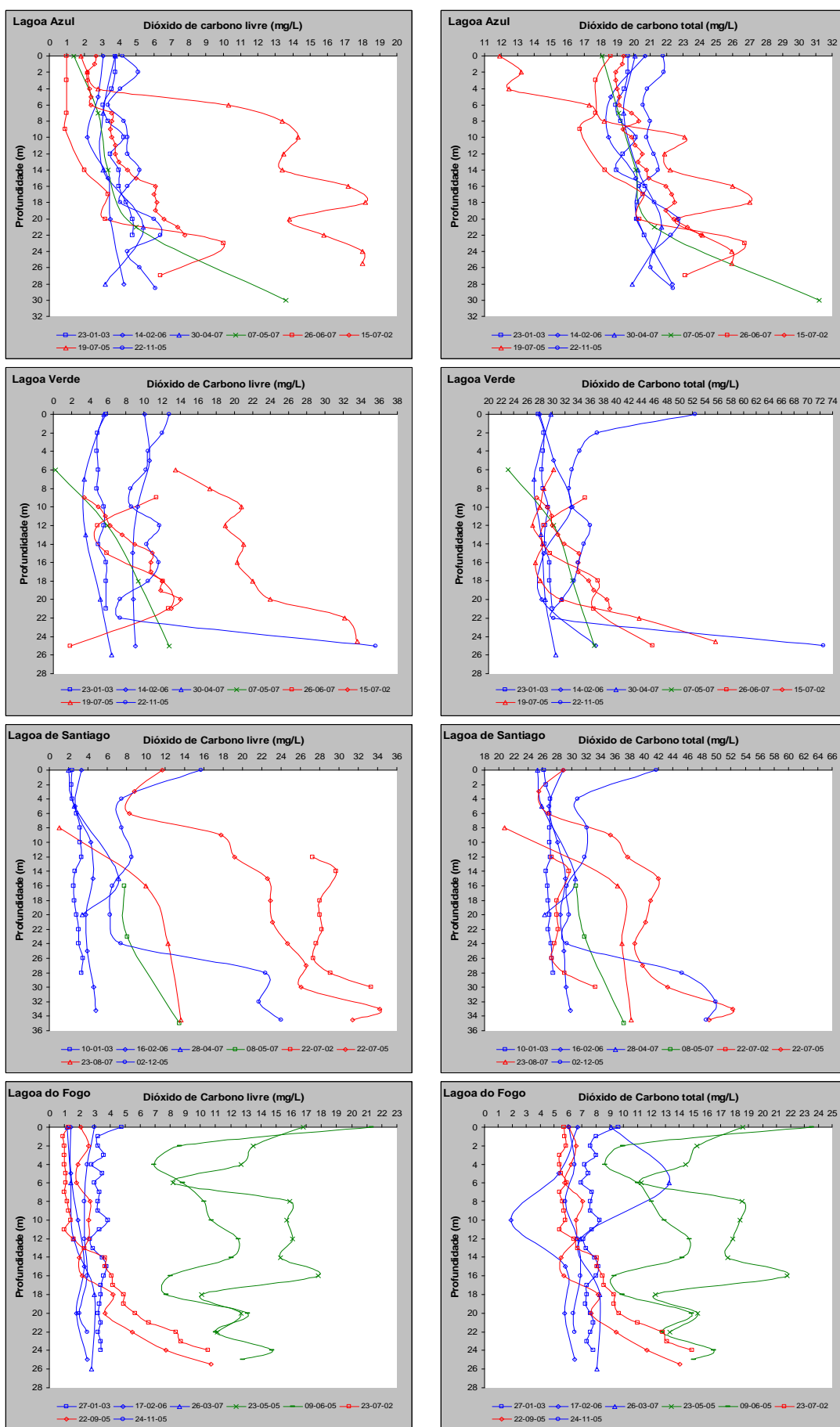
As análises relativas à concentração do dióxido de carbono efectuadas nos lagos de São Miguel evidenciam uma menor concentração deste composto nas amostragens realizadas durante o Inverno, devido há homogeneização da água dos lagos durante este período (Tabelas 4.1 e 4.2). Contudo, os resultados dos perfis efectuados nestes sistemas demonstram uma tendência para um ligeiro aumento da concentração desta espécie em profundidade mais evidenciado nos gráficos relativos ao dióxido de carbono total (Fig. 4.39 e 4.40).

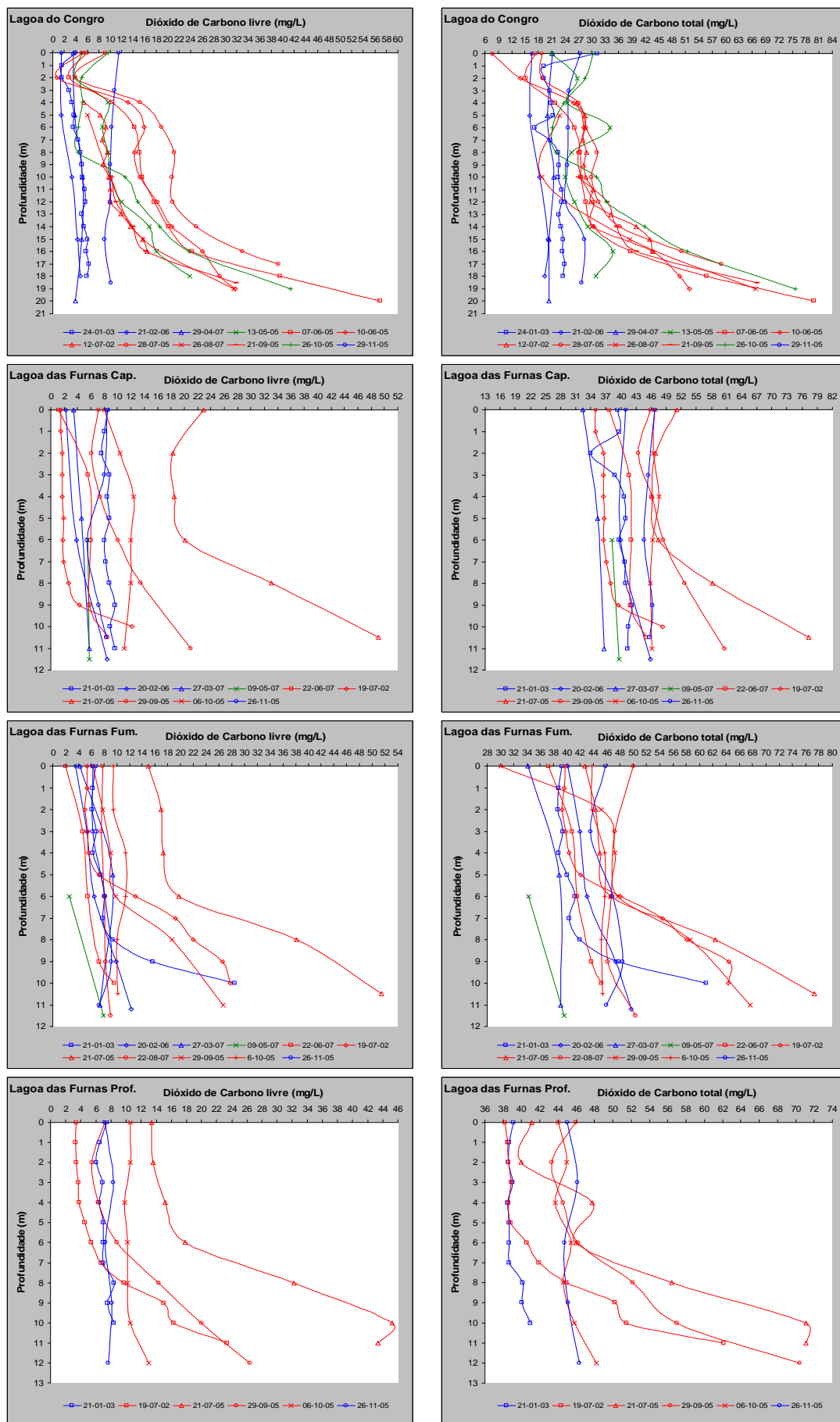
Os perfis realizados no mês de Novembro na Lagoa Verde, no mês de Dezembro na Lagoa de Santiago e no mês de Janeiro na Lagoa das Furnas (fumarola), apresentam os maiores valores de CO₂ livre e total, que correspondem às amostras de água do fundo dos lagos (Tabelas 4.1 e 4.2) e que está na mesma ordem de grandeza de alguns valores verificados no Verão, particularmente para o CO₂ total.

No caso da Lagoa Verde, ocorre um aumento de 28,2 mg/L e de 42,28 mg/L de CO₂ livre e total, respectivamente, nos últimos 3 metros de profundidade. Esta ocorrência é coincidente com o aumento significativo da condutividade e da diminuição do pH na mesma camada de água. Neste mês, verifica-se uma diminuição da temperatura da água do lago para valores à volta dos 15 °C, o que acarreta o aumento da densidade da água de superfície. Esta tende a afundar e permite a circulação da água em profundidade. Com efeito, verifica-se um aumento da oxigenação da água entre os 14 e os 22 metros de profundidade.

Contudo, a diferença de 0,7 °C, entre os 22 e os 25 metros de profundidade, corresponde a uma resistência térmica suficiente para que não ocorra a circulação da água em todo o lago e permita uma maior acumulação do dióxido de carbono em profundidade.

Esta situação poderá coincidir com as condições atmosféricas mais estáveis do início de Outono, atendendo aos maiores valores de CO₂ total e de pH à superfície do lago, que correspondem a uma maior produtividade fotossintética só compatível, principalmente, com uma maior radiação solar.

Fig. 4.39. Perfis de CO₂ realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.

Fig. 4.40. Perfis de CO₂ realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.

Este resultado sugere que, face ao aumento desta espécie química em profundidade, ocorra uma maior acidificação da água nos últimos 3 metros de profundidade, congruente com a diminuição do pH e com o aumento da condutividade de 127 para 159 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em resultado da interacção água/rocha libertar elementos iónicos face à acção tamponizante do lago.

Situação semelhante ocorre com o traçado do perfil efectuado no mês de Dezembro de 2005 na Lagoa de Santiago. Há uma ligeira diminuição da concentração do CO_2 livre e total nos primeiros metros de profundidade, que volta a aumentar significativamente no *hipolimnion*. Mais uma vez a diminuição da temperatura na ordem dos 0,8 °C entre os 24 e os 34,5 metros permite acumular o CO_2 no fundo, situação que provoca a depleção do O_2 e à diminuição do pH.

Contudo, a mineralização da água do lago, nesta última camada, não aumenta como seria expectável. Esta situação sugere a ocorrência de um *overturn* no lago, em que as condições climáticas posteriores permitiram o restabelecimento de um gradiente de temperatura a esta profundidade. No entanto, o rápido aumento de concentração do CO_2 , no fundo do lago, na mesma ordem de grandeza que os perfis efectuados no Verão, e a rápida diminuição do oxigénio, tornam viável esta hipótese perante uma entrada de dióxido de carbono no fundo do lago independente da decomposição da matéria orgânica.

Os perfis de CO_2 efectuados no Inverno, na Lagoa das Furnas, demonstram uma boa homogenização deste parâmetro em profundidade, devido à maior circulação da água em profundidade, nesta época do ano, e à menor profundidade do lago, o que facilita a saída do dióxido de carbono do sistema através das trocas gasosas à superfície.

Relativamente ao perfil efectuado na Lagoa das Furnas, no ponto mais próximo do campo fumarólico, em Janeiro de 2003, é possível verificar que a condutividade eléctrica e o pH não sofrem qualquer alteração em virtude do aumento de 20,6 mg/L de CO_2 livre e total entre os 7 e os 10 metros de profundidade. Porém, para que tal ocorra nesta época do ano, terão que existir condições atmosféricas estáveis para que as correntes de convexão induzidas pelo vento não misturem a água em toda a profundidade do lago, à semelhança das restantes amostragens efectuadas no Inverno.

Contudo, o aumento desta espécie, cerca de 4 vezes mais nos últimos 3 m de profundidade nesta época do ano, terá que provir de uma fonte de CO₂ para além dos processos biológicos relativos à produção deste composto no fundo dos lagos. Esta situação é compatível com a entrada de voláteis provenientes dos fluidos vulcânicos, que se manifestam na margem do lago mais próxima deste ponto a 1 metro de profundidade.

Este pequeno campo fumarólico apresenta emissões do tipo gasosas com a mistura de águas hidrotermais ácidas e de superfície e com temperaturas na ordem dos 97 °C. Existem indícios de lixiviação do material superficial, devido à presença de caulinite resultante das alterações locais. O terreno envolto a esta área apresenta a libertação de vapor e de CO₂ saturado responsável pela alteração da camada arenosa mais superficial do terreno (Ferreira e Oskarsson, 1999).

No entanto, no local de amostragem em questão não existe a libertação visível de gases à superfície do lago. Esta situação poderá estar relacionada com a maior profundidade do local.

Segundo Delmelle e Bernard (2000), o dióxido de carbono separa-se da fase vapor/líquido dos fluidos hidrotermais acidificados em profundidade e dissolve-se na fase líquida, comparativamente menos ácida e mais fria, que envolve estes sistemas, pelo que não se observa a libertação deste composto nos lagos de águas quentes e com pH baixo. Este processo poderá estar relacionado com a formação das nascentes minerais gasocarbonicas, normalmente localizadas nos flancos dos vulcões a menores cotas.

Com efeito, o interior do vulcão das Furnas é caracterizado por apresentar uma área rica em emanações gasosas e onde abundam diferentes tipos de nascentes de água mineral gasocarbónicas, algumas das quais termais a altitudes inferiores à Lagoa das Furnas.

Estas nascentes apresentam um alinhamento no sentido WSW-ENE com um fluxo elevado de dióxido de carbono ao longo do interior da cratera, desde a margem Norte da Lagoa das Furnas até à zona da Serra do Trigo, junto ao flanco Este da caldeira. Estas águas termais provêm de aquíferos superficiais (100-200 m) com temperaturas à volta dos 160 °C (Cruz, 1998; Cruz *et al.*, 1999).

O enquadramento exposto também permite justificar o valor máximo da concentração do CO_2 livre e total verificado nesta época do ano, comparativamente, aos outros dois pontos de amostragem (Tabela 4.2).

Na época de Verão, é possível observar o aumento significativo do CO_2 livre e total no *hipolimnion* destes sistemas lacustres que é coincidente com a evolução do gradiente térmico característico deste período, e é o responsável pela ligeira acidificação desta camada de água. Na generalidade destes sistemas, o pH é ligeiramente ácido e a acção tamponizante justifica um incremento da mineralização da água, em particular no fundo dos lagos, como se depreende do aumento dos valores da condutividade eléctrica.

A eutrofização que ocorre nestes lagos é responsável pela diferença de concentração das espécies carbonatadas à superfície da água, como é exemplo a Lagoa das Sete Cidades. Apesar da Lagoa Azul e Verde comunicarem entre si o estado trófico da Lagoa Verde é mais acentuado pelo que se justificam os teores CO_2 livre e total mais elevados. Contudo, exceptuando a Lagoa do Fogo, a concentração de dióxido de carbono total à superfície da água é superior à concentração apresentada por Deutsch (1997), para um pH igual a 8 (18 mg/L) e em equilíbrio com a atmosfera.

A concentração deste parâmetro também difere grandemente no *hipolimnion* entre os lagos, com a Lagoa Verde, de Santiago, do Congro e das Furnas a apresentarem valores relativamente muito elevados. Atendendo a que nesta época do ano a decomposição da matéria orgânica, no fundo dos lagos, poderá ser afectada devido à menor oxigenação do *hipolimnion*, resultando numa menor produção das bactérias aeróbias e consequente redução na entrada de CO_2 no fundo dos lagos.

O contributo do CO_2 a partir da decomposição da matéria orgânica poderá não ser suficiente para explicar os valores verificados desta espécie pelo que não é de excluir uma contribuição de origem vulcânica difusa nestes sistemas, à semelhança do que sucede na Lagoa das Furnas. Com efeito, os vulcões centrais, onde se localizam estes lagos, possuem nascentes minerais gasocarbonicas, algumas termais, localizadas nos flancos dos vulcões a menores cotas em relação aos lagos.

As amostragens de Maio e Outubro, meses considerado como charneira entre as duas épocas, apresentam valores de dióxido de carbono superiores aos registados no Inverno, face ao maior gradiente térmico.

A Lagoa do Fogo apresenta os menores valores de dióxido de carbono livre e total ao longo do levantamento de campo e as concentrações mais elevadas desta espécie reportarem-se às amostragens efectuadas no mês de Maio e Junho de 2005. Esta situação poderá estar relacionada com a desgaseificação súbita dos gases retidos nos sedimentos do lago devido à intensa actividade sísmica que ocorreu durante este período. Este acontecimento foi presenciado na Lagoa do Congro por investigadores do Departamento de Biologia da Universidade dos Açores, o que explica a maior concentração do dióxido de carbono nestes meses, e que se manifesta com uma concentração muito inconstante ao longo da coluna de água.

O carbono total da água dos lagos reflecte o somatório das espécies carbonatadas, como foi referido anteriormente. Como se depreende do traçado dos perfis, a componente do CO₂ livre tem grande predomínio sobre a concentração do dióxido de carbono total ao longo da coluna de água devido às concentrações serem, proporcionalmente, muito semelhantes.

Os lagos da Ilha do Pico, patenteiam uma baixa concentração das espécies carbonatadas nestes sistemas (Tabela 4.5). As amostragens efectuadas nos meses de Setembro e Outubro, devido ao maior gradiente térmico existente ao longo da coluna de água, reflectem um ligeiro aumento da concentração do dióxido de carbono livre e total do fundo dos lagos. Com efeito, o perfil realizado no mês de Julho na Lagoa do Capitão revela uma maior concentração do CO₂ livre e total, no *hipolimnion* do lago, que coincide com uma maior resistência térmica da água em profundidade. Não obstante, a concentração do CO₂ total não excede os 12 mg/L (Fig. 4.41).

Nestes sistemas, existe uma boa oxigenação da água em profundidade, comparativamente aos lagos situados na ilha de São Miguel. A concentração do dióxido de carbono total excede a concentração do dióxido de carbono livre, de uma forma geral, entre os 1 e os 2,5 mg/L. Assim, os dados sugerem que o CO₂ livre é a espécie carbonatada dominante nestes sistemas e que deve a sua

génese, neste período, às trocas gasosas com o ar atmosférico e à decomposição da matéria orgânica.

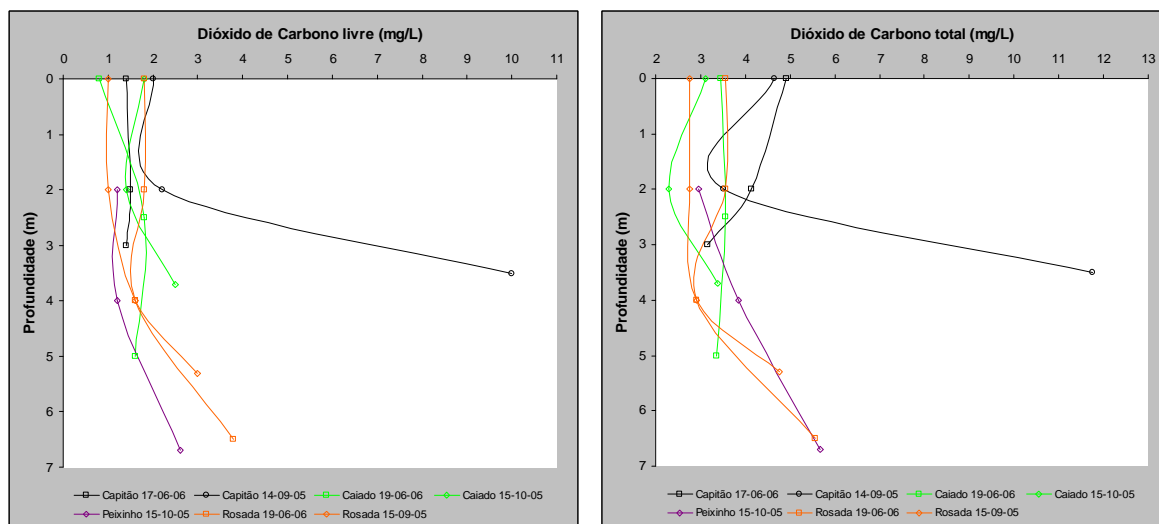


Fig. 4.41. Perfis de CO₂ realizados nas lagoas da ilha do Pico.

Atendendo a que os sistemas aquáticos da ilha de São Miguel, em particular da Lagoa Azul e do Fogo, apresentam maior profundidade e a existência de estratificação da água, a concentração do dióxido de carbono é em tudo semelhante à registada nos lagos da ilha do Pico. Contudo, os restantes lagos apresentam concentrações desta espécie mais elevadas, e a diferença existente entre a concentração do CO₂ livre e total, sugere outra fonte de dióxido de carbono nos lagos para além da existente nos sistemas lacustres do Pico, como já tinha sido referido anteriormente.

Em relação aos lagos da ilha das Flores, estes apresentam uma concentração do dióxido de carbono livre em profundidade semelhante aos lagos da ilha do Pico (Fig. 4.42). No entanto, a Lagoa Funda e da Lomba, sistemas mais produtivos, apresentam um ligeiro aumento do teor desta espécie devido à existência de estratificação da água, que não excede os 9 mg/L.

A Lagoa Negra apresenta uma concentração do CO₂ livre que varia entre os 1,4 e os 3,6 mg/L no *hipolimnion*. Comparativamente, a concentração do CO₂ total é considerável com valores 10 vezes superiores ao CO₂ livre. Como se depreende do traçado dos dois perfis, o dióxido de carbono livre não domina a concentração do total das espécies carbonatadas neste lago, situação caracterizada pelo

bicarbonato com concentrações que rondam os 50 mg/L, reflexo da acção tamponizante do sistema.

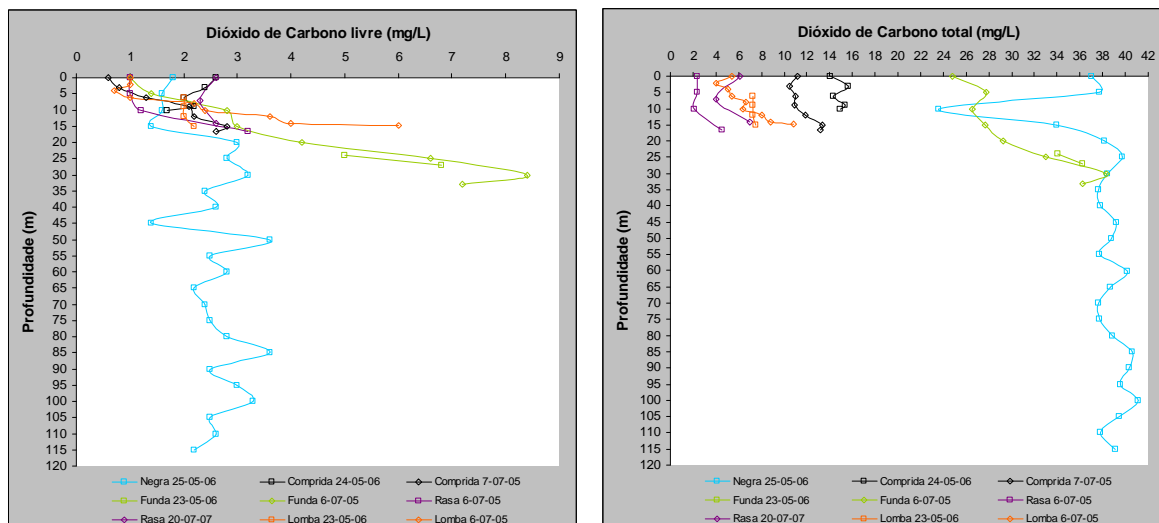


Fig. 4.42. Perfis de CO₂ realizados nas lagoas da ilha das Flores.

A diminuição do CO₂ total entre os 5 e os 10 m de profundidade, que corresponde à diminuição do bicarbonato de 50 mg/L, (5 m) para os 30,5 mg/L (10 m), poderá corresponder às exigências metabólicas do fitoplankton na camada mais superficial do lago. Segundo Wetzel (1993), as algas e as macrófitas aquáticas submersas necessitam de uma fonte de carbono imediata e abundante para que possam manter um metabolismo elevado. O dióxido de carbono livre é a fonte principal de carbono utilizado pela flora dos lagos mas, quando a sua reposição no lago é lenta, e as exigências elevadas, especialmente na massas de água mais produtivas, algumas espécies vegetais poderão suprir as suas necessidade assimilando os iões bicarbonato.

As Lagoas Rasa e da Lomba apresentam pequenas concentrações de CO₂ total e um perfil que sugere a importância do dióxido de carbono livre sobre esta espécie. A concentração do CO₂ total é inferior na Lagoa Rasa, face à menor oxigenação do lago em profundidade, situação que aponta a degradação da matéria orgânica como a fonte de dióxido de carbono no *hipolimnion*.

Na Lagoa Comprida a concentração do dióxido de carbono total é superior, nas duas amostragens efectuadas, em relação à Lagoa Rasa e da Lomba. Este lago, que se apresenta mais produtivo que a Lagoa Rasa, tem outro *input* de espécies carbonatadas, para além dos lagos anteriores. A concentração do CO₂ livre na

Lagoa Comprida é inferior à Lagoa Rasa e da Lomba pelo que as duas nascentes de água mineral localizadas, sensivelmente, a 25 m de altitude em relação à margem Este da lagoa contribuirão para este resultado de CO_2 total, como se depreende da Tabela 4.8.

À semelhança dos perfis de CO_2 livre e total da Lagoa Negra, o traçado dos perfis da Lagoa Comprida, e a concentração destas espécies, sugerem que durante a escorrência da água mineral parte do CO_2 reage e é liberto para a atmosfera, pelo que outras espécies carbonatadas poderão contribuir para este resultado.

Tabela 4.8. Valores determinados na boca das nascentes que distam entre si cerca de 6 m.

Nascente	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	O_2 (mg/l)	CO_2 liv (mg/L)	CO_2 tot (mg/L)	HCO_3 (mg/L)
L Comprida N	14.5	7.08	367	0.28	24.1	181.18	217.77
L Comprida S	12.6	6.68	365	0.27	20.6	159.2	192.15

A Lagoa Funda expõe uma concentração do CO_2 livre na mesma ordem de grandeza que os lagos anteriores. Face à maior profundidade, acumula no *hipolimnion* uma concentração máxima de 8,4 mg/L. Contudo, a concentração do CO_2 total é superior ao dobro da registada na Lagoa Comprida. Atendendo que neste lago a concentração de oxigénio diminui em profundidade, e que o traçado do perfil do CO_2 livre é muito semelhante ao CO_2 total, não é de excluir a existência de um contributo vulcânico no fundo deste sistema lacustre.

No lago do Algar do Carvão, a concentração do CO_2 livre e total varia entre os 0,8 – 6,1 mg/L e os 33,6 – 44,38 mg/L, respectivamente (Fig. 4.43).

Neste lago não existe produção de CO_2 de origem orgânico, devido à falta de luz natural impedir qualquer processo fotossintético. No entanto, as trocas gasosas à superfície do lago não explicam a concentração do dióxido de carbono total que o lago apresenta. A água da chuva, que poderia transportar o ácido carbónico proveniente da decomposição da vegetação à superfície da gruta, também não explica este aumento, por variadas razões, principalmente, devido a este processo acarretar a acidificação da água do lago e como se depreende pelo valor de pH, o lago é alcalino (Berner e Berner, 1996).

Atendendo que o campo fumarólico da Furna do Enxofre se localiza próximo metros da entrada desta gruta, não é de excluir algum tipo de influência de origem

vulcânica neste lago. No entanto, se este tipo de contaminação actuar directamente seria expectável que a concentração de CO₂ livre apresentasse valores muito superiores aos existentes.

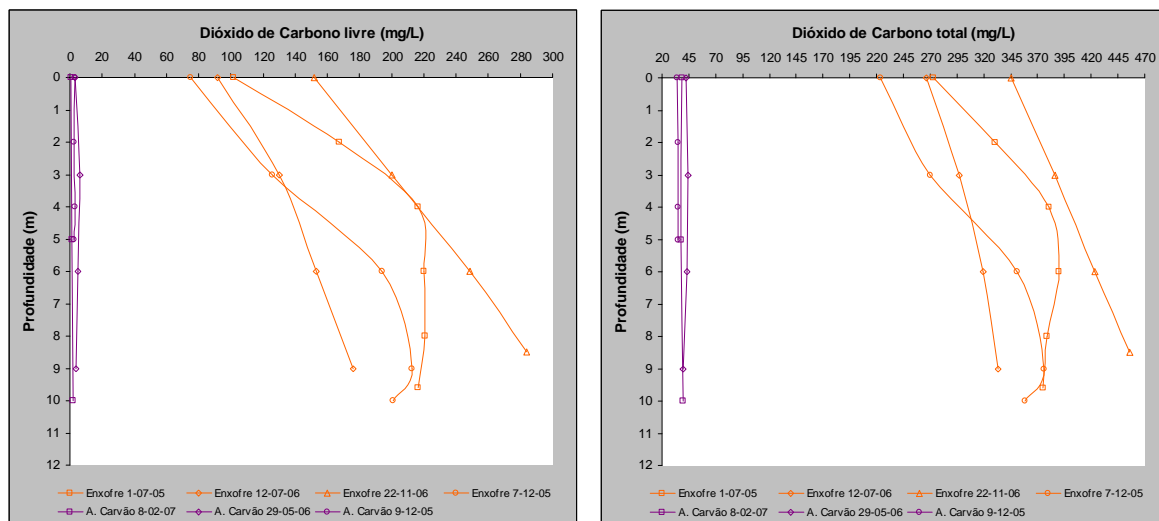


Fig. 4.43. Perfis de CO₂ realizados nas lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.

Como se observa pela concentração do CO₂ livre e total da água da Lagoa da Furna do Enxofre (Fig. 4.43), atendendo às considerações já tecidas acerca deste local, este sistema está sob influência de fluidos de origem vulcânica. Com efeito, o dióxido de carbono é o principal componente da desgaseificação que ocorre no interior da gruta, com cerca de 94 a 99% do total dos gases emitidos (Ferreira *et al.*, 1993).

Como se depreende dos perfis dos dois gráficos, a componente do CO₂ livre tem grande predomínio sobre a concentração do dióxido de carbono total devido às concentrações serem, proporcionalmente, muito semelhantes.

4.2.3.4. Alcalinidade

Este parâmetro, normalmente, é definido como uma medida que um sistema de água natural possui para neutralizar um ácido. Isto é, a capacidade da água em neutralizar totalmente a acção de um ácido que entra no sistema. Não obstante, a alcalinidade reflecte a capacidade tamponizante, no caso presente da água de um lago, em manter o valor de pH à volta de um valor específico, aquando da entrada de um ácido no sistema (Wilson, 1995; Deutsch, 1997).

O sistema de equilíbrio $\text{CO}_2\text{--HCO}_3^-\text{--CO}_3^{2-}$ é o principal mecanismo tamponizante, uma vez que provoca a viragem do pH de neutro para alcalino (Wetzel, 1993).

Contudo, a água, normalmente, é composta por uma série de elementos em pequenas concentrações como os silicatos, boratos, fosfatos, amónia, ácido orgânicos e bases, que se assumem como negligenciáveis nos sistemas de água natural. Assim, assumindo que uma solução contenha apenas carbonatos, poderá ser caracterizado, para um valor não específico de pH, como uma mistura de dióxido de carbono, a uma dada concentração, com uma quantidade de base forte (NaOH). Assumindo o equilíbrio, o balanço das cargas em solução será:

$$[\text{H}^+] + [\text{Na}^+] = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

Como a alcalinidade é definida conforme a quantidade de ácido forte necessário para titular a solução no sentido de se obter o estado puro do ácido carbónico, poderemos simplificar a fórmula da alcalinidade como (Lower, 1999):

$$[\text{Alc}] = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]$$

Este parâmetro é independente da temperatura, da pressão e do dióxido de carbono da fase gasosa. No entanto, é sensível à variação das reacções redox, de hidrólise, de complexação ou à precipitação de espécies de natureza inorgânica, orgânica ou biológica (Wilson, 1995; Lower, 1999).

A alcalinidade total das amostras analisadas foi determinada até se ter atingido um valor de pH igual a 4,5 (Custódio e Llamas, 1983; Wilson, 1995).

Os valores estatísticos relativos a este parâmetro, determinados nos lagos de São Miguel, encontram-se nas Tabelas 4.1 e 4.2.

Os valores máximos e mínimos que os diferentes lagos apresentam reflectem o equilíbrio que existe, na generalidade dos sistemas abertos de águas naturais, entre a água do lago e a atmosfera. Especificamente, o equilíbrio do CO_2 entre as duas fases permite que os valores de pH sejam tendencialmente alcalinos e que o bicarbonato represente a espécie carbonatada dominante (Deutsch, 1997).

A partir dos valores de tendência central, é perceptível a diferença sazonal, apesar de ligeira, nos sistemas que estratificam durante o Verão.

A maior concentração deste elemento ocorre no período de Inverno, devido à acção tamponizante dos sistemas neutralizarem a entrada de água de precipitação, mais ácida, como se observa na Tabela 4.5. A boa circulação da água neste período permite que a concentração da alcalinidade na coluna de água seja homogeneizada como se constata pelo menor coeficiente de variação e pelos perfis da Figura 4.34.

No *hipolimnion*, devido à neutralização da acidez da água, a concentração desta espécie é maior, como facilmente se depreende da análise dos perfis efectuados no Verão.

Em relação aos restantes perfis, as amostragens efectuadas nos meses de Maio e Junho de 2005 apresentam uma menor concentração deste parâmetro e uma maior variação na sua concentração ao longo da coluna de água, situação coincidente com a maior concentração do dióxido de carbono nas amostragens. Como foi referido anteriormente, este período corresponde à crise sismovulcânica que ocorreu no Complexo do Fogo, com uma grande intensidade diária de microssismos. Assim, a degaseificação do lago, devido ao tremor vulcânico, provocar vibração no terreno é congruente com a diminuição do valor da alcalinidade neste sistema.

As amostragens efectuadas no mês de Julho de 2005 na Lagoa Verde, na Azul e na de Santiago, e nos meses de Maio, Junho e Julho na Lagoa do Congro, apresentam um valor da alcalinidade inferior aos restantes, como se verifica na Figura 4.44. Estas amostragens correspondem aos maiores valores de concentração do dióxido de carbono, nos respectivos lagos, pelo que os dados sugerem que também poderá ter sido possível a degaseificação deste elemento retido no sedimento dos sistemas, ocorrência devida ao tremor vulcânico.

Atendendo a esta situação, os maiores valores da média e mediana calculados para a alcalinidade no Inverno (Tabelas 4.1 e 4.2) poderão estar inflacionados devido a esta situação. Em relação aos resultados das amostragens efectuadas na lagoa das Furnas, constata-se que a dinâmica das correntes de convexão induzidas pelo vento controlam a saída do sistema dos elementos de acidificação da água. Deste modo, a concentração da alcalinidade no lago apresenta uma gama variada, comparativamente com os restantes lagos

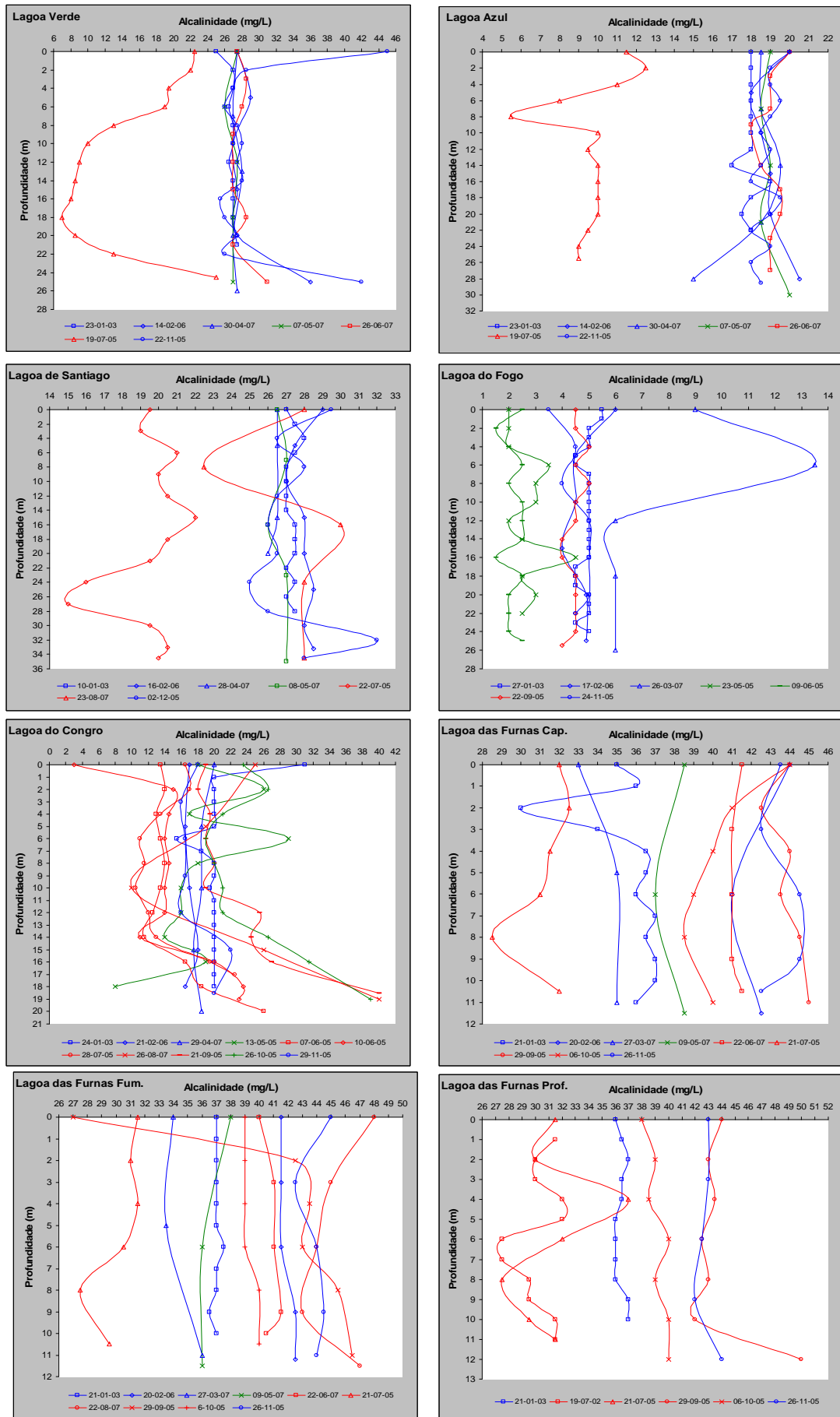


Fig. 4.44. Perfis de alcalinidade determinados nas Lagoas da ilha de São Miguel.

Face aos resultados da alcalinidade, em particular das amostragens efectuadas durante o período de maior actividade sísmica, e dos verificados na Lagoa das Furnas, poderemos extrapolar que a neutralização da acidez da água é um processo que ocorre, de certa forma, rapidamente, permitindo manter o pH da água relativamente constante face ao incremento das espécies responsáveis por uma maior acidez dos sistemas lacustres.

Na ilha do Pico, a concentração da alcalinidade nestes sistemas é inferior a 4 mg/L, valor indicativo do fraco sistema tampão que os lagos possuem, devido às suas peculiares características. Assim, as trocas gasosas à superfície da água serão o factor predominante que contribui para a acidificação da água dos lagos, nesta época do ano (Fig. 4.45).

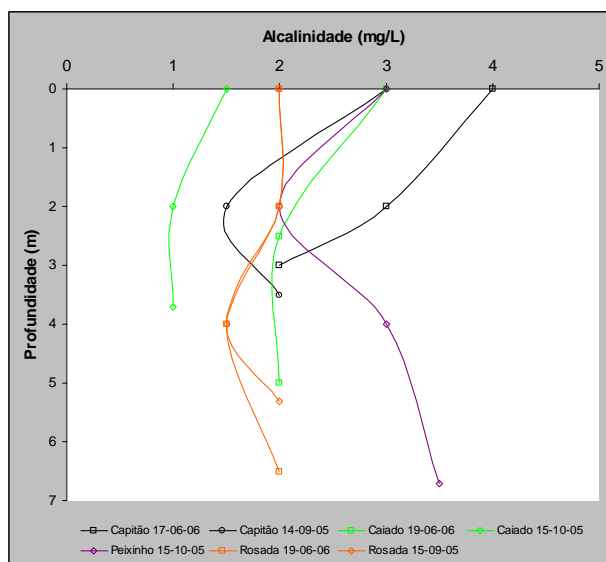


Fig. 4.45. Perfis de alcalinidade determinados nas Lagoas da ilha do Pico.

A Lagoa Rasa e da Lomba, na ilha das Flores, apresentam perfis de alcalinidade relativamente constantes em profundidade e com concentração muito semelhante aos da ilha do Pico (Fig. 4.46). Apesar da Lagoa Comprida revelar um ligeiro aumento de concentração da alcalinidade em profundidade, estes sistemas, aparentemente, não respondem à tendência da diminuição do pH e do ligeiro aumento do dióxido de carbono em profundidade que, no entanto, apresenta concentrações muito reduzidas.

A Lagoa Funda e Negra apresentam maiores concentrações desta espécie, com um comportamento muito semelhante ao do dióxido de carbono total em cada um dos lagos.

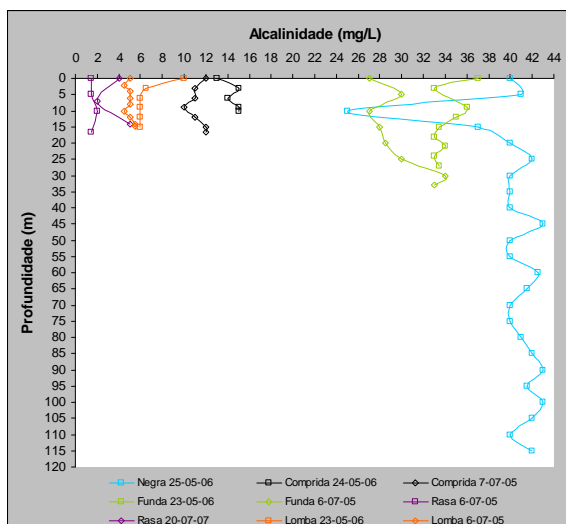


Fig. 4.46. Perfis de alcalinidade determinados nas Lagoas da ilha das Flores.

O valor de alcalinidade determinado nas amostragens efectuadas no Algar do Carvão está na mesma ordem de grandeza da concentração mais elevada registada na Lagoa das Furnas, pelo que o mecanismo de neutralização da acidez da água permite manter o pH alcalino neste pequeno lago (Fig.4.47).

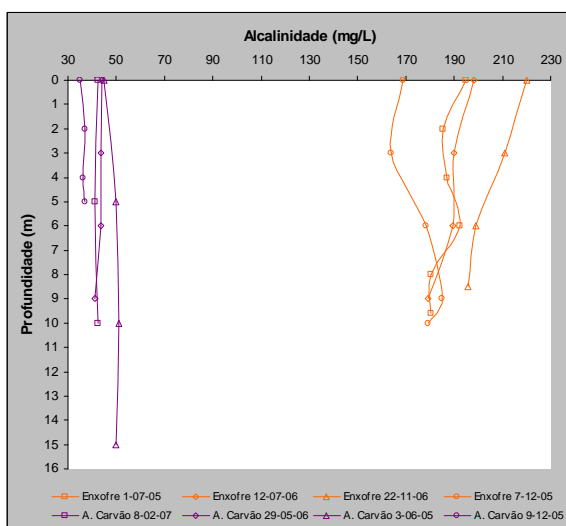


Fig. 4.47. Perfis de alcalinidade determinados nas Lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.

A Furna do Enxofre apresenta as maiores concentrações de Alcalinidade com valores que variam entre os 170 e os 220 mg/L. Contudo, o pH na ordem de

6, neste sistema aberto, evidencia que a entrada do CO₂ de origem vulcânico excede os limites de neutralização do sistema tampão (Fig. 4.47).

4.2.3.5. Catiões

A análise da concentração dos iões maiores (Na, K, Mg e Ca) é fundamental para se compreender um sistema geoquímico, uma vez que fazem parte dos elementos mais representativos do manto e da crosta terrestre. Com efeito, quando dissolvidos na água, estabelecem, primeiramente, a força iónica de uma solução e influenciam a dinâmica das restantes espécies na água. Também a determinação destes elementos é indispensável para o cálculo dos índices de saturação de um sistema aquático (Deutsch, 1997; Albarède, 2003).

A composição dos iões nos lagos é semelhante à dos rios e águas subterrâneas, mas com uma menor variabilidade em resultado do limitado substrato rochoso, comparativamente com os restantes sistemas (Walther, 2005).

A distribuição espacial e temporal destas espécies poderão ser classificadas de acordo com o seu comportamento nos sistemas aquáticos. Assim, poderemos dividi-los em espécies (1) conservativas, devido a não manifestarem alterações significativas da sua concentração nos lagos devido aos biotas ou a modificações ambientais provocadas pelos seres vivos, ou (2) iões dinâmicos, por sofrerem flutuações significativas da sua concentração e fazerem parte do metabolismo da flora e da fauna de um lago, pelo que o ião cálcio é o mais reactivo sob esta perspectiva. Os restantes catiões são relativamente conservadores (Wetzel, 1993).

Nas Tabelas 4.1 e 4.2, encontram-se os cálculos estatísticos referentes aos catiões maiores analisados nos lagos de São Miguel.

Em qualquer um destes sistemas, o sódio é o catião mais representativo, controlando a mineralização total das águas. Entre os seus pares, representa entre 49 % (Lagoa do Congro – Verão) a 80 % (Lagoa Santiago – Verão) dos catiões maiores em solução.

Os valores relativamente baixos do desvio padrão e do coeficiente de variação são sinónimos da estabilidade deste elemento ao longo da coluna de água, como

se pode verificar nos gráficos relativos aos perfis efectuados nos lagos dos Açores (Fig. 4.48).

Apesar de algumas espécies de cianobactérias e plantas demonstrarem uma necessidade particularmente elevada deste elemento, a sua concentração nestes sistemas é abundante, não se verificando, de uma forma geral, alterações significativas da sua concentração nas águas naturais (Wetzel, 1993).

Os catiões maiores apresentam uma relação não linear com a condutividade, sugerindo diferentes processos mineralizadores das águas destes sistemas abertos (Fig. 4.49).

O ião sódio, que se encontra preferencialmente nas rochas silicatadas da crosta terrestre sob a forma da albite, tem uma solubilidade muito elevada e é difícil de precipitar, pelo que a sua concentração nos lagos apresenta uma distribuição temporal e espacial relativamente estável (Custódio, 1983; Wetzel, 1993; Albarède, 2005). Deste modo, a actuação do sistema tamponizante da água dos lagos é responsável pela lixiviação deste elemento para a solução.

O ião sódio é o principal componente da água do mar. Uma vez que os lagos dos Açores se localizam muito próximo da linha de costa, naturalmente, estão sujeitos à entrada deste elemento a partir dos fenómenos atmosféricos.

Contudo, a projecção das médias dos iões sódio e cloreto destes lagos demonstra que o quimismo da água da Lagoa do Fogo é controlado pela entrada de sais de origem marinha, uma vez que estão projectados sobre a linha que caracteriza a água do mar (Fig. 4.50). Apesar das médias da Lagoa do Congro e da Lagoa Azul se situarem próximo da recta, é notório que patenteiam um maior enriquecimento do cloreto em relação ao sódio.

Não obstante, os restantes lagos também recebem um contributo dos sais de origem marinha pelo mesmo processo de contaminação destas águas. Todavia, existem outros processos geoquímicos que controlam a dinâmica nestes sistemas.

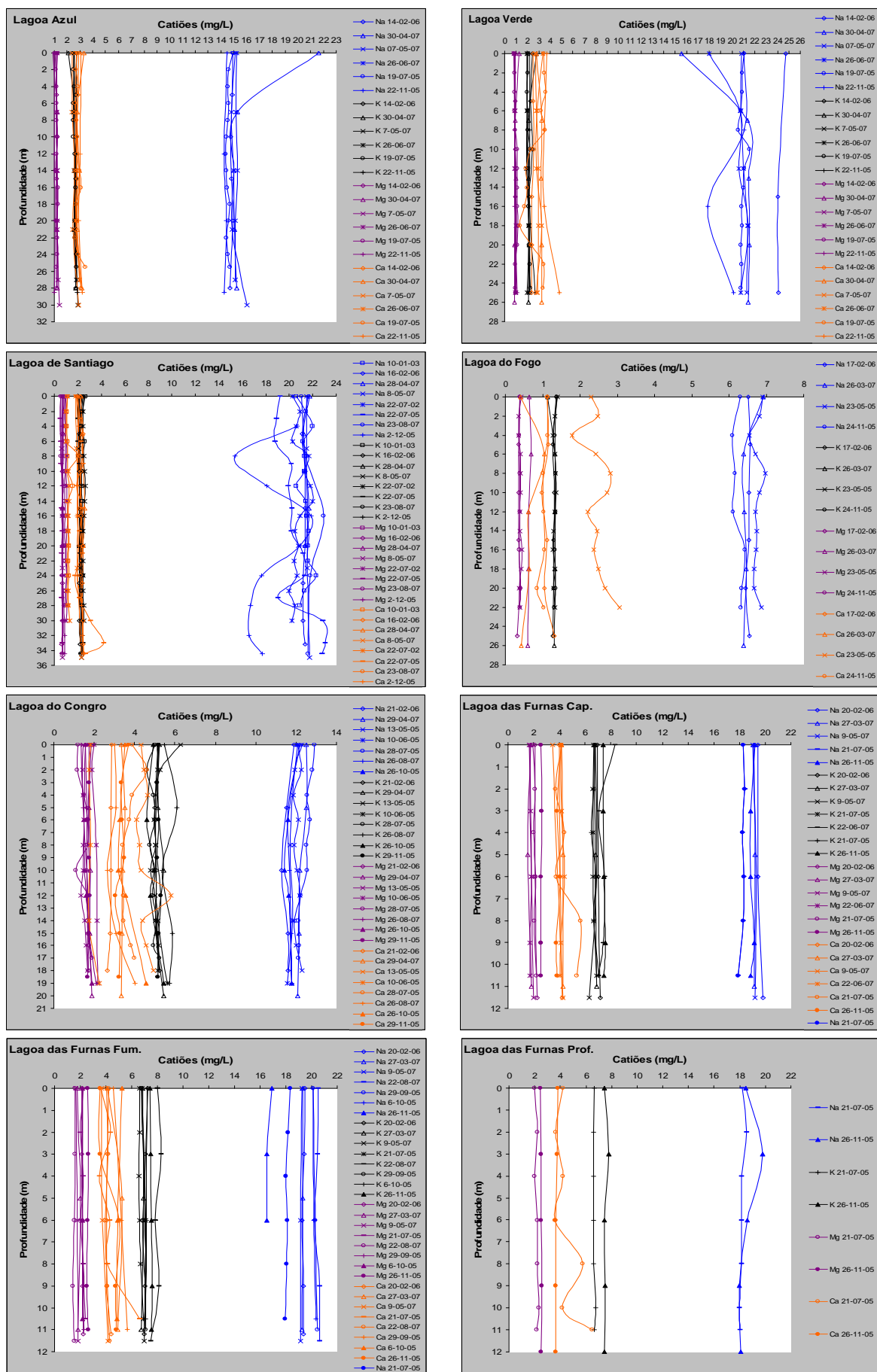


Fig. 4.48. Perfis dos catiões determinados nas lagoas da ilha de São Miguel.

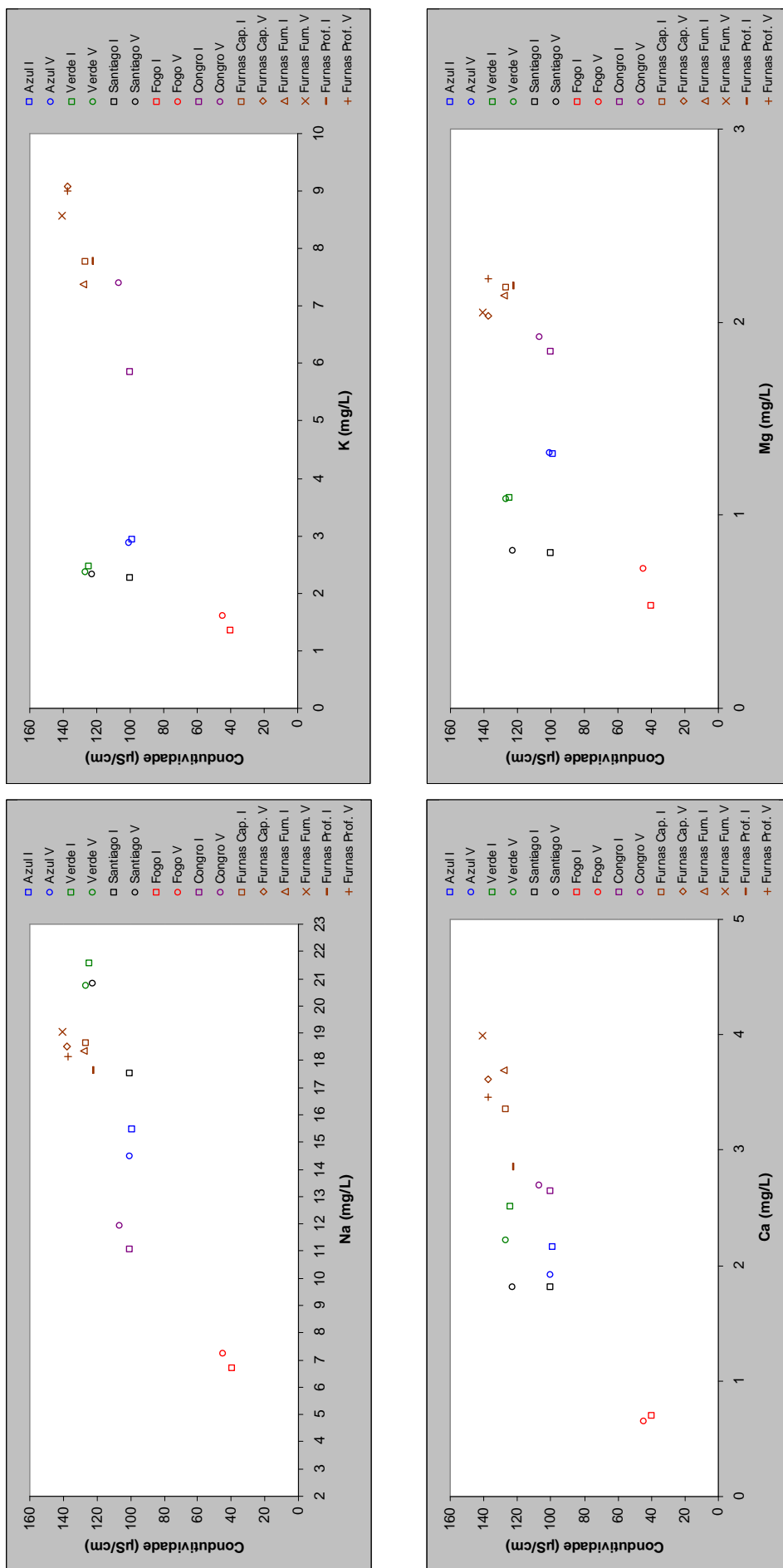


Fig. 4.49. Relação entre a mineralização da água, representada pela condutividade, e da concentração das médias dos íons maiores existentes em cada lago.

O sódio é preferencialmente lixiviado por fluidos hidrotermais de baixa temperatura e o cloreto, apesar da sua solubilidade ser complexa devida à fusão dos silicatos poderem saturar com a imiscibilidade da fusão dos elementos alcalino cloretados, apresenta uma solubilidade maior, quanto maior for o rácio entre $(\text{Na}+\text{K})/\text{Al}$ (Wallace e Anderson, 2000; Albarède, 2003).

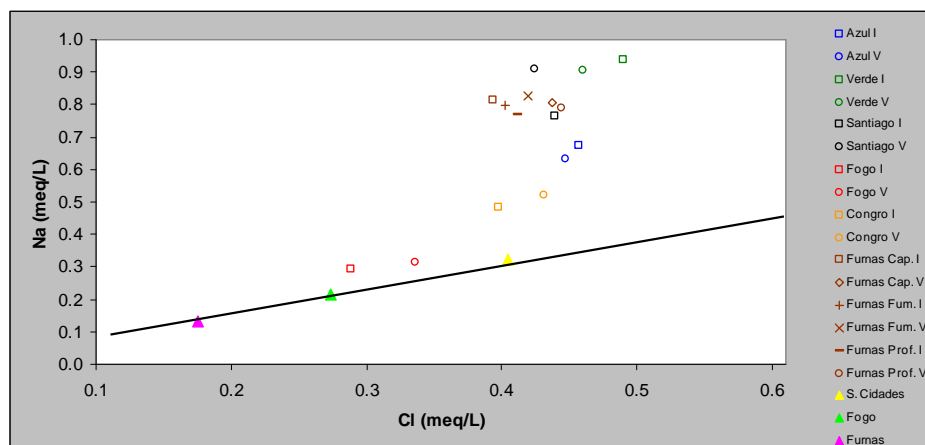


Fig. 4.50. Distribuição dos valores médios dos iões sódio e cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das Lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).

Assim, poderemos ter o contributo de diferentes processos na caracterização do quimismo da água dos lagos: (1) Por um lado, a entrada de dióxido de carbono no fundo dos lagos, como é peremptório o caso particular da Lagoa das Furnas, que contribui para a entrada de elementos químicos em solução devido à acção tamponizante dos lagos que contribui para o aumento da alcalinidade dos sistemas; (2) por outro lado, em regiões vulcânicas com nascentes de água termal na base dos edifícios vulcânicos, além da possibilidade de libertar o CO_2 nos lagos, poderá ocorrer a entrada de fluidos desta natureza nestes sistemas aquáticos.

O ião potássio, apesar de apresentar uma concentração muito semelhante à concentração do ião cálcio na coluna de água das Lagoas Azul, Verde e de Santiago (Fig. 48), é o segundo catião mais representativo nestes sistemas como se depreende da análise estatística deste elemento, nomeadamente, através dos valores de tendência central (Tabelas 4.1 e 4.2). Com efeito, esta espécie química

está representada entre os 10,2% (Lagoa de Santiago) e os 61,7% (Lagoa do Congro) do total dos catiões maiores dissolvidos na água.

Berner e Berner (1996) apresentam o íão potássio nos rios, que provém essencialmente da dissolução dos minerais silicatados presente nas rochas, como um elemento muito biogénico que, face à maior utilização pela vegetação no Verão, apresenta uma variação sazonal significativa.

Segundo Wetzel (1993), este elemento tem um comportamento muito semelhante ao sódio nos sistemas lacustres, assim como desempenha uma importante função no transporte e na troca de iões.

Em relação aos restantes catiões, o potássio é mais lento a dissolver-se e a libertar-se devido à sua existência nos minerais mais resistentes à dissolução. Este elemento encontra-se, primeiramente, nos feldspatos alcalinos, anfíbolas e micas das rochas ígneas. A baixas temperaturas (lagos, rios e oceanos) quando lixiviados, os feldspatos reagem com a água e formam minerais de argila, sendo a illite uma argila rica em potássio, que permanece residualmente e é responsável pela baixa concentração deste elemento na água. Contudo, esta espécie é preferencialmente lixiviada por fluidos com temperaturas elevadas (Berner e Berner, 1996; Albarède, 2003).

Como se pode observar pelos coeficientes de variação (Tabelas 4.1 e 4.2), a concentração do íão potássio e do sódio são os que apresentam menor variação e exibem uma grande estabilidade sazonal ao longo da coluna de água (Fig. 4.48). Assim, nos lagos estudados, se esta espécie for utilizada nos processos biológicos, existe em tal abundância que a sua utilização é mascarada, demonstrando um comportamento conservativo.

O potássio na água dos sistemas lacustres tem origem a partir da dissolução dos minerais silicatados presentes no substrato rochoso dos lagos uma vez que seu contributo, através do acarreo de sais marinhos pela precipitação, não explica o enriquecimento observado relativamente à recta representativa da água do mar na Figura 4.51.

Contudo, não se exclui a entrada desta espécie através de fluidos de natureza vulcânica de baixa entalpia a partir do fundo ou nas margens dos lagos, situação que poderá explicar a maior concentração do íão potássio na Lagoa das Furnas e

do Congro (Fig. 4.51). Em qualquer caso, na medida que a generalidade dos lagos se localiza em bacias hidrográficas com pressão agrícola, não é igualmente de excluir uma contribuição por poluição com esta origem.

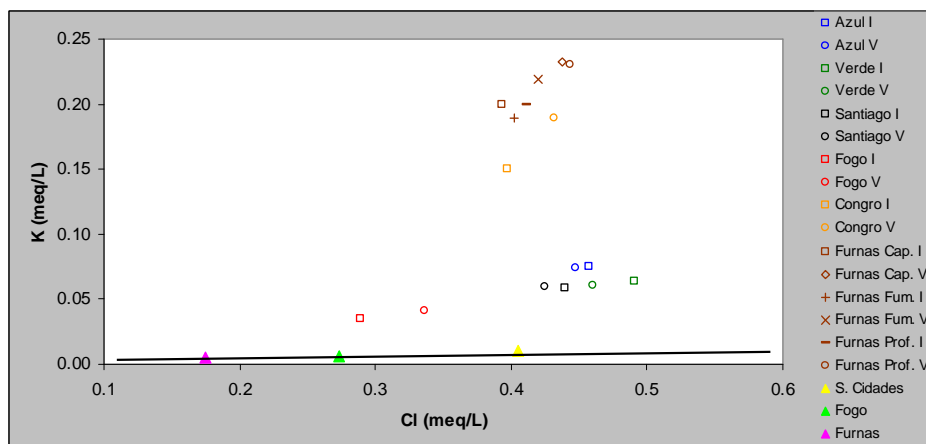


Fig. 4.51. Distribuição dos valores médios dos iões potássio e cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das Lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).

O ião magnésio apresenta as menores concentrações entre os catiões nos lagos estudados como se verifica a partir dos valores máximos, mínimos e de tendência central determinados nos lagos (Tabelas 4.1 e 4.2).

Como se observa na Figura 4.52, a entrada deste elemento na generalidade dos sistemas advém da contaminação de sais de origem marinha a partir do transporte atmosférico.

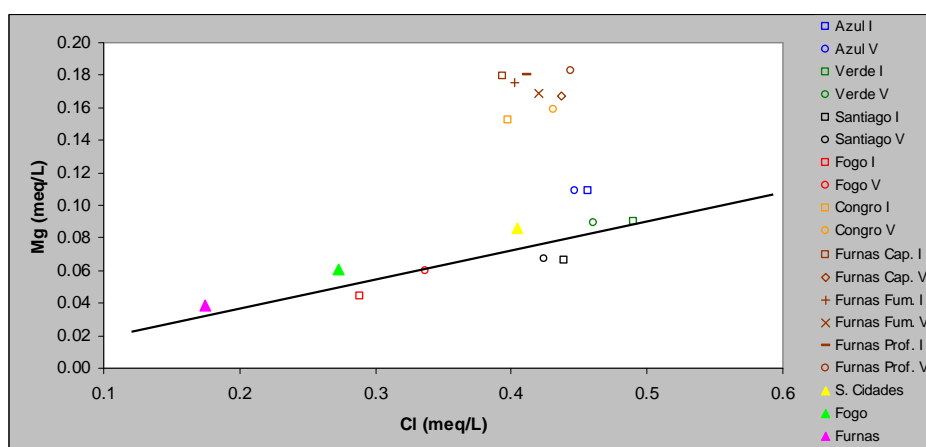


Fig. 4.52. Distribuição dos valores médios dos iões magnésio e cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das Lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).

Porém, este processo não explica o maior incremento do potássio e do magnésio nas Lagoas do Congro e das Furnas pelo que outros processos estão na origem deste elemento, nomeadamente a interacção água/rocha.

A concentração comparativamente inferior do magnésio nos lagos está em consonância com a menor concentração do potássio na crosta em resultado da existência da anfíbola, das micas, das argilas ricas em magnésio (smectite) e dos carbonatos (dolomite) por estarem, normalmente, em menor percentagem na fase mineral das rochas. O magnésio é muito compatível durante a diferenciação do magma no manto. Deste modo, os basaltos primários são ricos nesta espécie, contudo, perdem rapidamente a maioria deste elemento devido à remoção gravitacional da olivina e da clinopiroxena (Albarède, 2003).

A brucite $[Mg(OH)_2]$ e a magnesite ($MgCO_3$) precipitam em quantidades significativas a valores de pH superiores a 10 na maioria das condições naturais (Wetzel, 1993). Apesar do pH nos lagos estudados não ultrapassar este valor apresenta, à superfície da água, em particular no período do Verão, um pH próximo de 10, como se verifica pelos valores máximos registados deste parâmetro nas Tabelas 4.1 e 4.2. Contudo, o processo citado não ocorrerá nas águas em estudo devido a não se observar na Figura 4.52 amostras em que ocorra um notório empobrecimento em magnésio.

Atendendo à possível precipitação desta espécie na água dos lagos e ao facto de este ser necessário aos organismos em pequenas quantidades, particularmente no metabolismo (Wetzel, 1993), a entrada deste elemento a partir da dissolução dos minerais silicatados do substrato deve ser considerada na generalidade dos lagos, paralelamente à sua entrada a partir do acarreo de sais de origem marinha pela chuva, face à grande estabilidade deste elemento que se verifica ao longo da coluna de água sazonalmente (Fig. 4.48).

Relativamente ao catião cálcio, este poderá ser considerado como o terceiro catião mais representativo nos sistemas lacustres estudados na ilha de São Miguel, com uma contribuição que varia entre os 7 e os 12 % relativamente às amostragens efectuadas.

Como se pode observar na Figura 4.48, além de ser possível depreender a importância deste elemento comparativamente aos restantes na mineralização da

água, o cálcio apresenta alguma variação em profundidade nos lagos estudados, proporcionalmente aos restantes catiões. Esta maior variabilidade na coluna de água é aquilatada pelo maior coeficiente de variação registado nas Tabelas 4.1 e 4.2 relativamente aos catiões principais.

O cálcio é um elemento necessário no desenvolvimento e na dinâmica populacional da flora e da fauna de água doce. Este elemento é utilizado no metabolismo normal das plantas vasculares, nomeadamente nas algas verdes e é considerado, de uma forma geral, essencial para as algas. Contudo, o cálcio utilizado no metabolismo dos biotas, comparativamente com a disponibilidade que se encontra no ambiente, é solicitado em quantidades tão ínfimas que não é possível detectar a sua diminuição através de análises vulgares. Também o teor desta espécie, nos lagos de águas macias, encontra-se muito abaixo dos níveis de saturação, verificando-se pequenas variações sazonais em profundidade no período em que os lagos se encontram estratificados (Wetzel, 1993).

No que concerne aos lagos estudados na ilha de São Miguel, a ligeira variação em profundidade do ião cálcio poderá estar relacionada com o metabolismo dos biotas nestes sistemas aquáticos.

Nas amostragens analisadas, a concentração deste elemento é muito reduzida, comparativamente a muitos lagos de águas naturais localizados em regiões temperadas. O resultado máximo analisado diz respeito a uma amostra de água da Lagoa das Furnas com 6,60 mg/L e a concentração mínima de 0,32 mg/L foi registada na Lagoa do Fogo (Tabelas 4.1 e 4.2). Também os valores da média e mediana relativos ao ião cálcio são muito inferiores aos 40 - 85 mg/L (Lagoa Lawrence, Michigan – lago oligotrófico de águas duras) e aos 0 - 60 mg/L (Lago Wintergreen, Michigan – lago hipereutrófico) registado por Wetzel (1993), nos Estados Unidos da América.

No entanto, não se observa qualquer descalcificação do *epilimnion*, comparativamente à verificada por Wetzel (1993), sobretudo nos lagos de águas duras e muito produtivas.

Nestes sistemas, verifica-se um ligeiro aumento da concentração do cálcio junto ao fundo de alguns dos lagos estudados. No entanto, as amostragens que registam este incremento do cálcio coincidem unicamente com as recolhas

efectuadas durante a crise sismovulcânica do Fogo de 2005/06, nomeadamente a amostragem que apresenta maior concentração desta espécie efectuada a 13 de Maio na Lagoa do Congro, período do primeiro grande incremento da actividade sísmica, com um registo superior a 3000 eventos diários. O período que medeia entre 20 de Setembro e 5 de Outubro corresponde ao segundo e último incremento da actividade sísmica, tendo-se registado, de uma forma geral, entre 100 a 3900 eventos diários. O espaço temporal que decorre entre os dois picos de sismicidade corresponde ao maior incremento da concentração do cálcio neste lago e também na lagoa do Fogo.

Contudo, existem outras amostragens que registam a menor concentração deste elemento em profundidade, nomeadamente a recolha efectuada a 28 de Julho de 2005 na Lagoa do Congro. Deste modo, os resultados apresentam-se dúbios para aferir a variação deste elemento nos lagos, induzidos unicamente pela actividade dos biotas.

Como se pode observar na Figura 4.53, a entrada do ião cálcio na água dos lagos através da contaminação por sais de origem marinha é pouco significativa no quimismo destas águas, situação análoga à do comportamento do ião magnésio nestes sistemas, com excepção da Lagoa do Fogo que depende desta linha de evolução hidrogeoquímica, no que concerne ao cálcio e ao potássio.

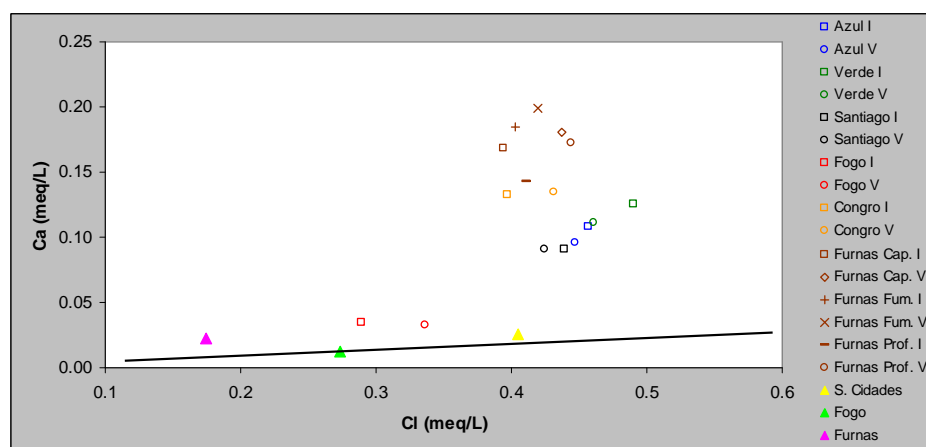


Fig. 4.53. Distribuição dos valores médios dos iões cálcio e cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).

A fonte de cálcio nas águas naturais advém da dissolução de minerais, primeiramente do gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), da anidrite (CaSO_4), da dolomite

[CaMg(CO₃)₂], e da calcite e aragonite, diferentes formas minerais de carbonato de cálcio (CaCO₃) responsáveis pela solubilidade dos ião cálcio nas águas naturais. Nas rochas ígneas da crosta terrestre, de uma forma geral, a plagioclase cálcica (anortite) e a anfíbola são as principais fontes de cálcio. Este elemento é facilmente solubilizado, independentemente dos valores da temperatura alcançados durante os processos de interacção água-rocha. A plagioclase, a clinopiroxena e a anfíbola são pouco resistentes à lixiviação provocada perante o equilíbrio entre a água e o dióxido de carbono atmosférico (Berner e Berner, 1996; Manahan, 2000; Albarède, 2003).

Deste modo, os dados obtidos nas diversas amostragens indicam que o maior *input* de CO₂ verificado, principalmente nas Lagoas do Congro e do Fogo, corresponde a uma maior concentração do ião cálcio na água, nomeadamente a amostragem de 23 de Maio neste último lago e as amostragens efectuadas entre Maio e Outubro, na Lagoa do Congro (Fig. 4.54).

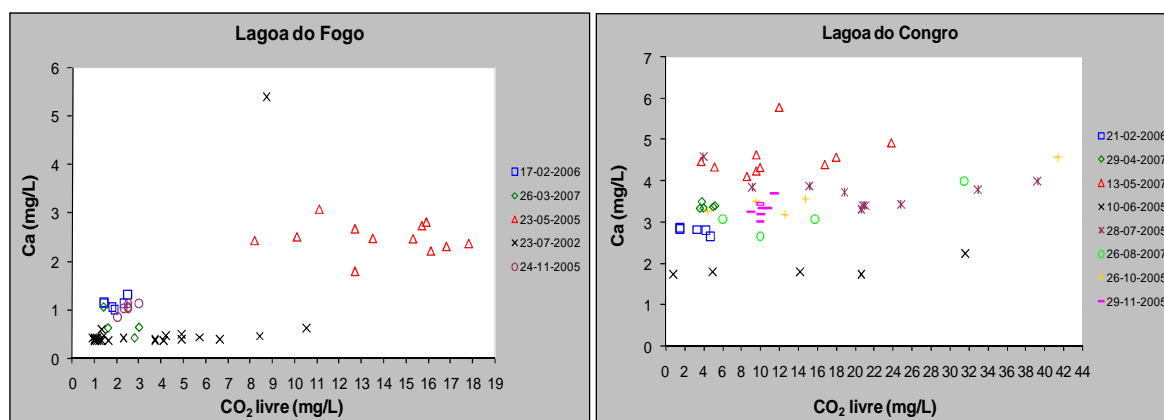


Fig. 4.54. Relação entre as concentrações em dióxido de carbono livre e o ião cálcio.

Contudo, como se observa na Figura 4.48, o aumento de concentração do catião cálcio em profundidade, no período em que se regista a estratificação da água dos lagos, é muito ténue.

Devido à fácil e relativa rápida dissolução desta espécie iónica em análise na água dos lagos, estes dados sugerem que o aumento da concentração do CO₂ livre é rapidamente liberto entre as trocas gasosas à superfície destes sistemas, situação congruente com a maior estabilidade ao longo da coluna de água registada nos restante perfis catiónicos.

Na ilha do Pico, a concentração das espécies catiónicas nos sistemas aquáticos apresentam concentrações muito reduzidas comparativamente aos lagos de São Miguel e, de uma forma geral, aos lagos localizados nas regiões temperadas (Fig. 4.55; Tabela 4.5). A contribuição destes elementos na composição iónica dos lagos é mínima e traduz-se na reduzida mineralização destas águas, como se afere pelo baixo valor da condutividade que varia entre os 31 e 34 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 4.27).



Fig. 4.55. Perfis dos catiões determinados nas Lagoas da ilha do Pico.

O resultado dos perfis efectuados nestes sistemas permitem aferir que o ião sódio é o elemento mais representativo na composição iónica nestas águas (77 % – 85 %) e que o catião cálcio é o segundo mais representado, variando entre os 13 % e os 52 %.

Relativamente aos elementos potássio e magnésio, não existe um posicionamento bem definido destes elementos na composição iónica da água nestes sistemas, variando a sua importância nos diferentes lagos da ilha do Pico.

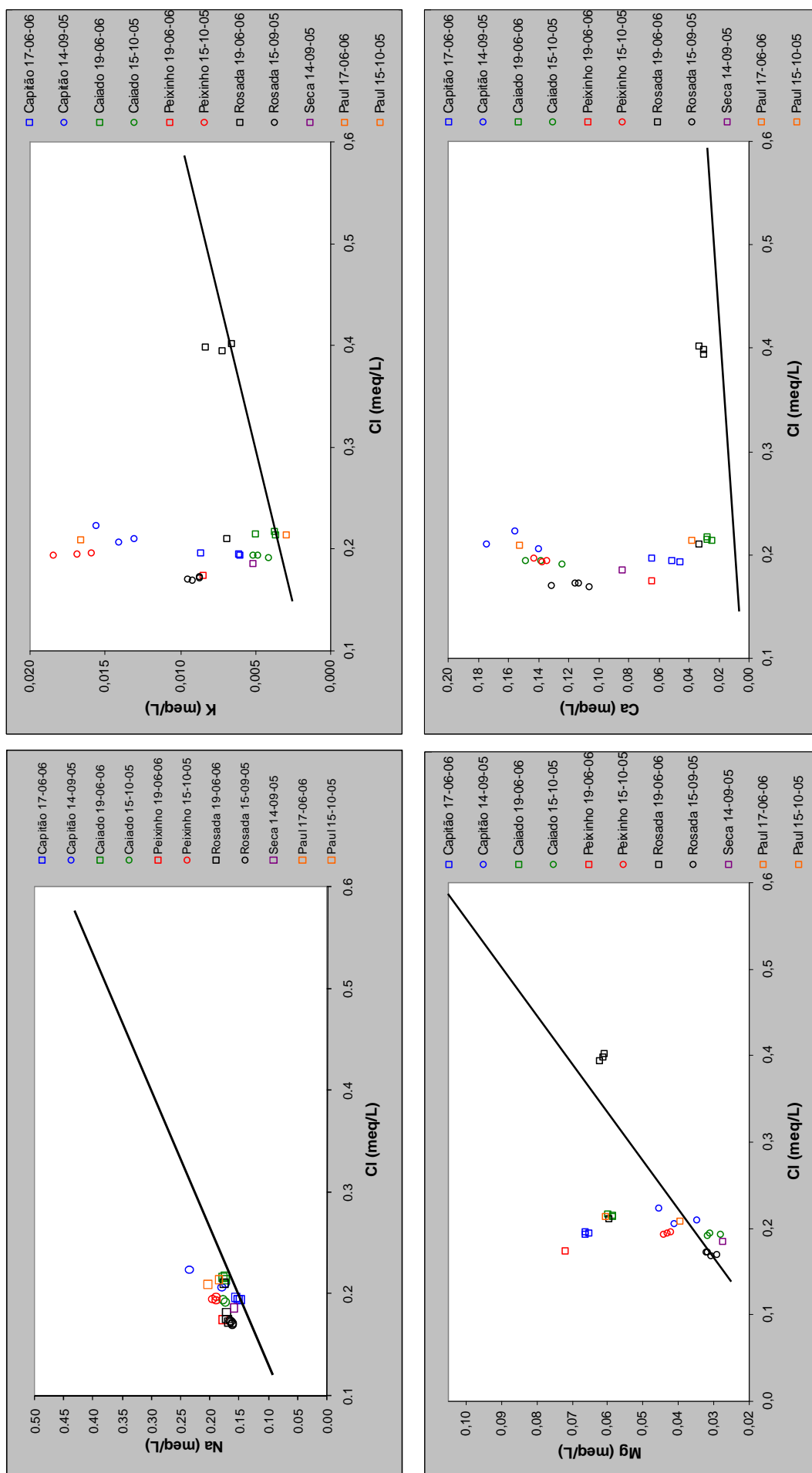


Fig. 4.56. Correspondência entre os cátions e o ânion cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar nas lagoas da ilha do Pico.

Naqueles sistemas lacustres, o sódio, ao contrário do resultado obtido nos lagos da ilha de São Miguel, existe com uma maior influência da contaminação desta espécie através do transporte atmosférico por sais de origem marinha (Fig. 4.56). A maior influência dos sais marinhos no quimismo destes sistemas resulta do baixo tempo de residência da água nos lagos, pelo que os processos de interacção água-rocha têm uma menor importância no controlo da mineralização da água nestes lagos.

Nestes sistemas lacustres, é possível verificar que o potássio e o cálcio têm um comportamento semelhante. Nas amostragens efectuadas no mês de Junho, período do ano em que os lagos apresentam maior profundidade, o acarreio de sais de origem marinha tem maior influência na entrada destes dois catiões no quimismo destas águas, uma vez que as amostragens efectuadas neste período se dispõem mais próximos da recta que representa a água do mar, ao contrário do ião magnésio.

Na ilha das Flores, os lagos com menor volume de água, a Lagoa Rasa e Funda, de uma forma geral, apresentam menores teores dos catiões maiores em relação às restantes lagoas da ilha (Fig 4.57; Tabela 4.5).

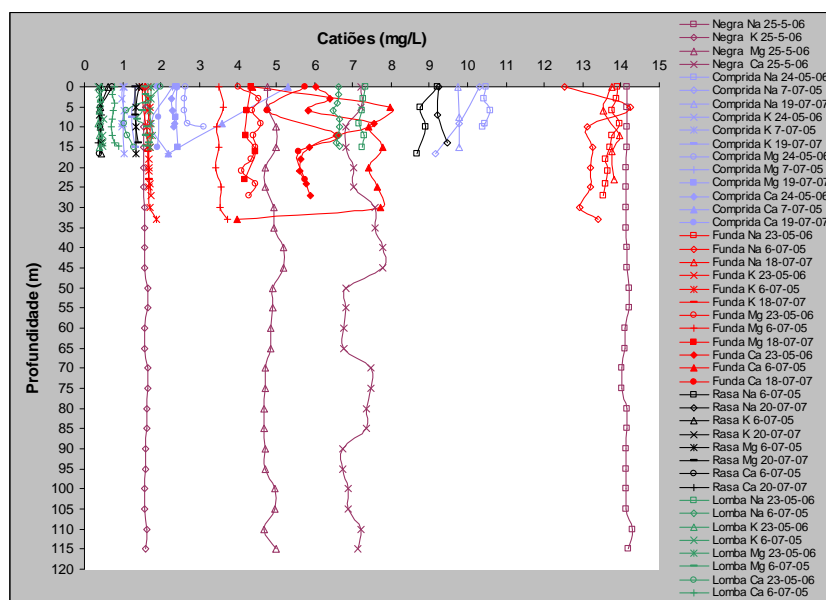


Fig. 4.57. Perfis dos catiões determinados nas Lagoas da ilha das Flores.

À semelhança do que acontece nos restantes lagos, o sódio é o catião mais representativo, contribuindo com 48,8 a 80% do total de catiões maiores em solução na mineralização total das águas dos lagos.

Nas Lagoas Negra, Funda e Comprida, o ião cálcio é o segundo mais representado, contribuindo com 16 a 24,8% do total de catiões, seguido do catião magnésio (15,2-16,8%). Contudo, o magnésio é a segunda espécie iónica mais expressiva nas lagoas Rasa e da Lomba, seguida do ião cálcio com um contributo catiónico de 12,0 a 16,5% e 4,1 a 10,2% respectivamente, na mineralização total destas águas.

O potássio é a espécie menos representada na totalidade dos sistemas lacustres estudados nesta ilha.

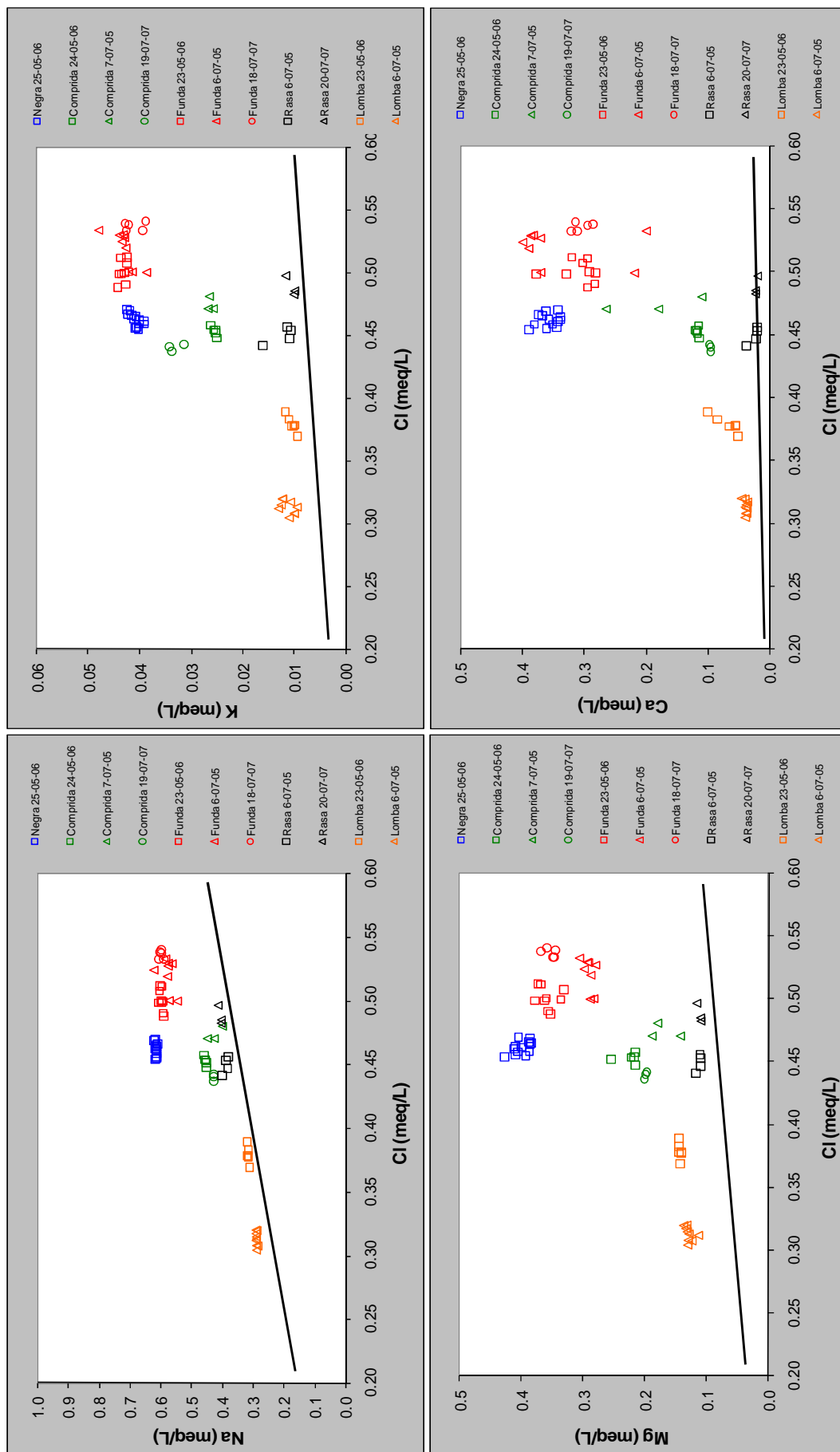
Como se pode observar na Figura 4.58, as amostras dos catiões maiores referentes à lagoa Rasa e da Lomba distribuem-se, *grosso modo*, sobre a recta que caracteriza estas espécies iónicas na água do mar ou próximo desta. A relação existente entre estas espécies permite aquilatar a importância dos sais marinhos no controlo do quimismo da água nestes sistemas. Nesta época do ano, este processo hidrogeoquímico está melhor evidenciado na Lagoa Rasa.

Os sistemas lacustres mais profundos e que apresentam maiores volumes de água formam um segundo grupo de lagos que registam diferentes índices de interacção água-rocha e que será o processo dominante no controlo da composição química da água, principalmente nas Lagoas Negra e Funda.

Contudo, verifica-se que as concentrações dos catiões nas amostras da Lagoa Comprida se posicionam, nos gráficos da Figura 4.57, entre as lagoas de maior e de menor volume. Como foi referido anteriormente, a Lagoa Comprida apresenta uma profundidade semelhante às Lagoas Rasa e da Lomba e uma área intermédia entre as duas.

Do cruzamento dos metais alcalinos (Na+K) com os elementos Ferro e Magnésio (Fig. 4.59), que têm carga eléctrica e o raio iónico semelhantes, verifica-se que a maioria das amostras das água dos lagos da ilha das Flores apresentam um rácio, entre o Fe e o Mg à volta da unidade, situação compatível com a origem comum destes elementos.

O facto de se verificar um aumento da concentração dos metais alcalinos nas amostras no sentido dos sistemas com menores volumes de água para os de maior dimensão é congruente com a componente derivada da dissolução das rochas ser maior nestes sistemas mais volumosos (Fig 4.59).



4.58. Correspondência entre os cátions e o ânion cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar nas lagoas da ilha das Flores.

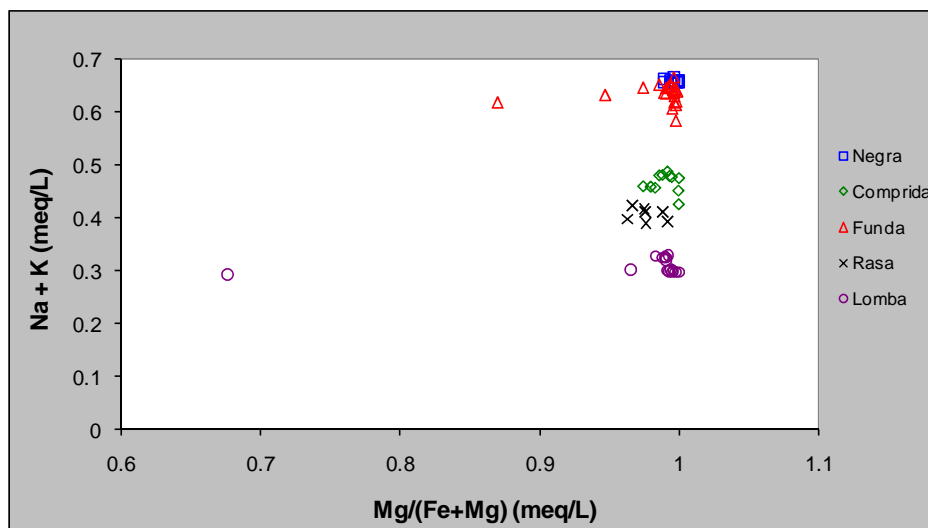


Fig. 4.59. Relação entre os metais alcalinos e os cátions magnésio e ferro.

O facto das amostras oriundas da Lagoa Comprida se posicionarem sempre numa situação intermédia entre os lagos de maior volume de água e os de volume inferior e também de exibir uma tendência no sentido da maior concentração da sílica (Fig. 4.60) em relação à Lagoa Rasa e da Lomba, poderá estar relacionado com a entrada das nascentes de água mineral, ricas nestes elementos maiores, comparativamente com as águas dos lagos (Tabela 4.9).

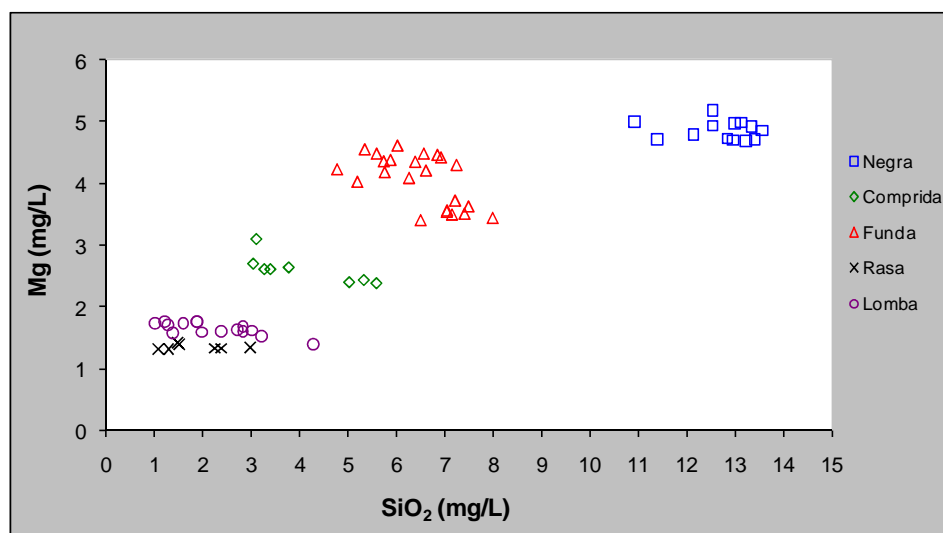


Fig. 4.60. Relação entre o ião magnésio e a sílica.

Em relação aos lagos localizados no interior das grutas lávicas, destaca-se a elevada concentração dos cátions maiores ao longo da coluna de água na Lagoa

da Furna do Enxofre, comparativamente com os restantes lagos estudados (Fig. 4.61).

Tabela 4.9. Valores determinados nas nascentes localizadas na margem da Lagoa Comprida.

Nascente	Na (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)
L Comprida N	18.40	6.59	98.74	24.28	43.74
L Comprida S	17.45	6.55	69.89	21.64	43.75

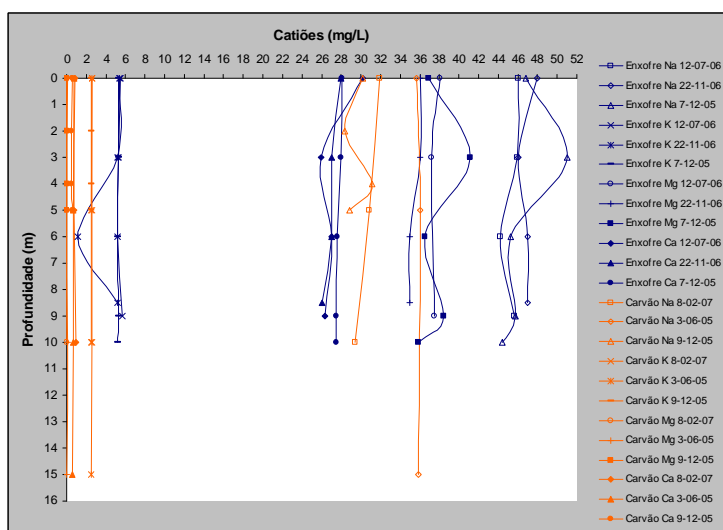
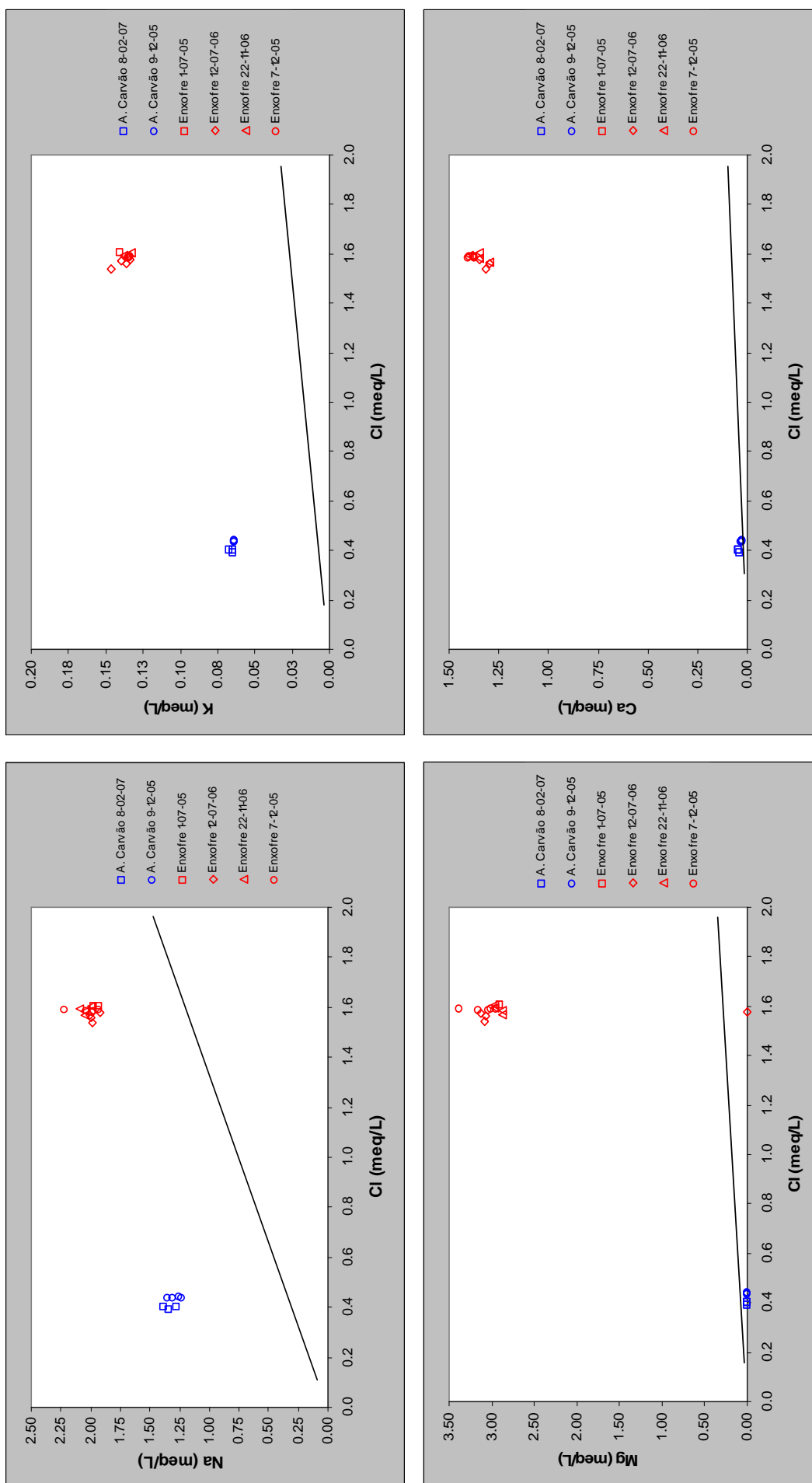


Fig. 4.61. Perfis dos cátions determinados nas Lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.

A maior concentração destes elementos neste sistema deriva da lixiviação do material rochoso, provocada pelo *input* de CO₂ de origem magmático que se verifica neste local, contribuindo para uma maior dissolução dos minerais existentes nos basaltos deste local, como da contaminação associada a este tipo de fenómeno.

Como se pode observar na figura 4.62, o contributo dos cátions que entram no lago através da precipitação poder-se-á considerar desprezível face aos processos que controlam o quimismo neste sistema.



4.62. Correspondência entre os cátions e o ânion cloreto em relação à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar nas lagoas localizadas no interior das grutas lávicas.

Por sua vez, a lagoa do Algar do Carvão revela teores muito inferiores aos registados na lagoa da ilha da Graciosa, nomeadamente no que se refere às concentrações dos iões magnésio e cálcio (Fig. 4.61). Com efeito, estas duas espécies dispõem-se muito próximas da recta que caracteriza estes elementos na água do mar, com os iões sódio e potássio a afastarem-se da mesma (Fig. 62).

Aparentemente, naquele lago, existem dois mecanismos principais de evolução hidrogeoquímica. Por um lado, o contributo de sais de origem marinha, e que entram neste sistema através da água de origem meteórica, fenómeno responsável pela variação do nível de água no lago e, a dissolução dos minerais silicatados dos basaltos presentes no local. Como exemplo do primeiro processo podemos apresentar a relação entre o cloreto e o magnésio, e como exemplo do segundo mecanismo modificador podemos apontar o enriquecimento em sódio relativamente à recta representativa da água do mar. Neste caso, o sódio poderá provir da eventual ocorrência de troca iónica com o cálcio em solução.

Como se observa na Figura 4.63, a concentração dos metais alcalinos e alcalino terrosos é superior na água da Furna do Enxofre comparativamente com a Lagoa do Algar do Carvão. Sugere-se que a maior acidez da água na Furna do Enxofre favorece uma maior entrada das espécies iónicas em solução, nomeadamente através da lixiviação do substrato rochoso, ou mesmo que o enriquecimento verificado se possa dever à alimentação por fluidos de água mineral em profundidade. Contudo, a concentração da sílica determinada por espectrometria de absorção atómica, no Laboratório de Hidrogeoquímica da Universidade dos Açores, é da mesma ordem de grandeza em ambos os sistemas.

Contudo, determinações efectuadas sobre amostras de água da Furna do Enxofre recorrendo a métodos mais eficazes para a determinação da sílica, variam entre os 61 e 63 mg/L, por espectrometria de absorção molecular no visível e entre 67,8 e 72,1 mg/L de SiO₂, por ICP/MS, valores similares aos apresentados em Antunes (2004). Neste contexto, pode-se considerar que os valores de sílica determinados na Furna de Enxofre são superiores aos do Algar do Carvão e compatíveis com o enriquecimento em metais alcalinos e alcalino-terrosos na primeira.

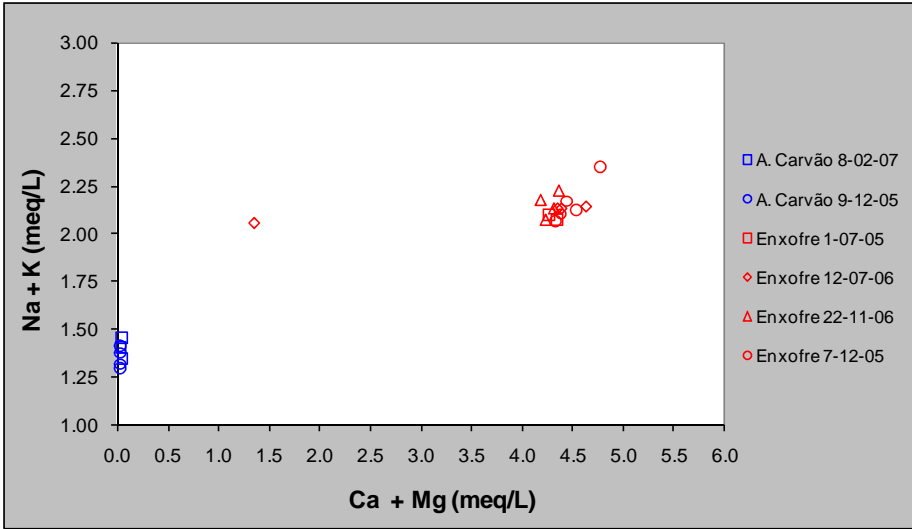


Fig. 4.63. Relação entre os metais alcalinos e os alcalino terrosos na Lagoa do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.

O tempo de residência da água influenciará igualmente a concentração das espécies em solução. No Algar do Carvão observa-se uma grande amplitude de variação sazonal do nível do lago. Com efeito, este sistema secou no Verão de 2007 e no período de Inverno a profundidade excede os 15 m.

Ainda no caso do Algar do Carvão, o enriquecimento em sílica e em sódio na água da lagoa pode também ser explicado pela dissolução de obsidiana nas paredes e tecto do algar (Carvalho *et al.*, 2004).

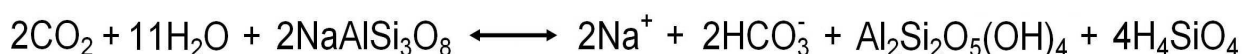
4.2.3.6. Anjiões

À semelhança da análise da concentração dos cátions maiores os aniões, similarmente, são indispensáveis para se compreender um sistema geoquímico. Os aniões, em particular os mais representativos (HCO_3^- , Cl^- e o SO_4^{2-}) quando dissolvidos na água, também contribuem para a força iônica de uma solução e influenciam a dinâmica das restantes espécies na água. A determinação destes elementos é imprescindível para o cálculo dos índices de saturação de um sistema aquático (Deutsch, 1997; Albarède, 2003).

Como se mencionou anteriormente no ponto referente ao CO_2 , o anião bicarbonato resulta do equilíbrio dos sistemas lacustres, sendo a forma dominante nos lagos alcalinos em resultado da acção tamponizante. A sua concentração depende das trocas efectuadas à superfície entre a fase gasosa e a água e está directamente relacionada com a componente do dióxido de carbono proveniente

das trocas gasosas, da fotossíntese/respiração e do pH (Wetzel, 1993; Deutsch, 1997). Também a decomposição da matéria orgânica no fundo destes sistemas poderá contribuir para o aumento desta espécie na água como resultado da entrada em solução do CO₂.

Não obstante, parte do bicarbonato na água dos lagos poderá ocorrer da interação água-rocha, a partir de duas diferentes fontes: (1) através do carbono devido à lixiviação dos minerais carbonatados, como a calcite e a dolomite e pela reacção do dióxido de carbono dissolvido na água do solo e da água subterrânea com os minerais silicatados, situações representadas pelas seguintes reacções:



Contudo, o dióxido de carbono sintetizado através da decomposição da matéria orgânica, quer nos solos, quer no fundo dos lagos, está relacionado com o ciclo do carbono. Originalmente, o dióxido de carbono atmosférico é fixado através da fotossíntese, encontrando-se muito do bicarbonato presente nos sistemas lacustre com origem no CO₂ atmosférico (Wetzel, 1993; Berner e Berner, 1996).

Porém, os lagos localizados no interior de estruturas vulcânicas activas normalmente interagem com fluidos de natureza magmática, pelo que a entrada de CO₂ parental se sobrepõe ao ciclo tradicional do dióxido de carbono nos sistemas aquáticos abertos, sendo a principal fonte de acidificação das águas dos lagos.

A entrada do bicarbonato em solução poderá advir directamente da entrada de dióxido de carbono de origem vulcânico como pelo processo de neutralização das águas mais ácidas através da interacção água-rocha (Kusakabe *et al.*, 1989; Aguilera *et al.*, 2000; Varekamp *et al.*, 2000). Contudo, nos sistemas que recebem a entrada de fluidos mais ácidos, o teor de bicarbonato em solução poderá ser muito reduzido ou inexistente, devido aos menores valores de pH, como se depreende dos trabalhos de Armienta *et al.*, (2000) e de Kusakabe *et al.*, (2000).

Nestes sistemas abertos, a concentração dos elementos carbonatados, nomeadamente o teor de bicarbonato na água, varia consoante as condições endógenas de cada sistema lacustre.

Como exemplo, nas águas duras, consideradas normais na região centro-oeste dos Estados Unidos, o anião dominante é o bicarbonato (60%) com uma concentração superior a 100 mg/L e um pH superior a 8. Nos lagos halinos das regiões endorreicas a concentração deste parâmetro poderá ser superior a 1000 mg/L apesar do pH ser superior a 9,5 (Wetzel, 1993).

Os lagos estudados na ilha de São Miguel, na sua generalidade, apresentam concentrações médias de bicarbonato entre os 19 e os 35 mg/L (Tabelas 4.1 e 4.2), com excepção da Lagoa do Fogo, onde a concentração média desta espécie na água é inferior a 6.33 mg/L e na Lagoa das Furnas com uma mediana superior a 44 mg/L.

Estes valores de bicarbonato encontram-se dentro da mesma ordem de grandeza que os valores de tendência central (média e mediana) verificados por Cruz (2004), para as nascentes de água natural nos Açores. Porém, a componente derivada da dissolução das rochas é inferior nos lagos, como se depreende dos valores substancialmente inferiores da concentração de sílica que em média variam entre os 0,77 e os 12,72 mg/L, contra os valores médios das águas de nascentes (18,79 – 47,93 mg/L). Deste modo, se descorarmos o limite imposto pela solubilidade, os teores de bicarbonato nos lagos estão relacionados com a entrada ilimitado do CO₂ atmosférico, à medida que o pH aumenta. Nesta situação, dever-se-á considerar a entrada ilimitado do CO₂ atmosférico como fazendo parte do sistema (Lower, 1999).

Entre os principais aniões analisados, o bicarbonato é o principal anião nestes sistemas, contribuindo com 50% a 72% das espécies aniónicas do total das amostragens efectuadas. Todavia, a Lagoa do Fogo apresenta-se como a única excepção, sendo esta espécie química a segunda mais importante na composição química das águas, com uma contribuição média entre os 25% e os 33%.

A concentração deste anião é a que mais contribui para a mineralização destes sistemas, como se depreende da melhor correlação que existe entre esta espécie e a condutividade, relativamente aos restantes aniões (Fig. 4.64).

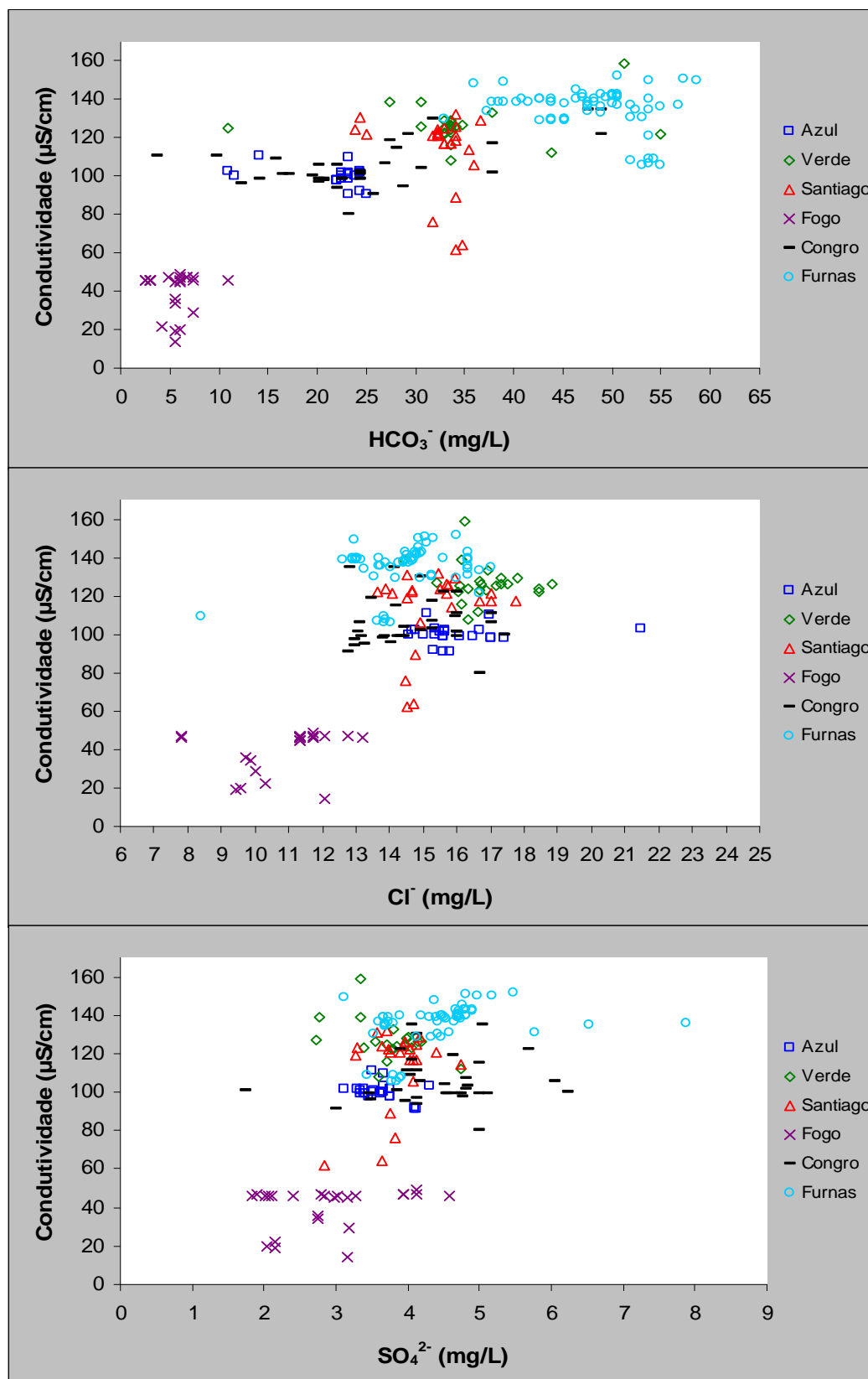


Fig. 4.64. Relação entre a mineralização da água representada pela condutividade e da concentração dos aniões maiores analisados à superfície, a meio e no fundo da coluna de água, nos diferentes sistemas estudados.

Apesar do coeficiente de correlação entre estas duas variáveis ser elevado ($R=0,84$), a recta de regressão calculada para estes valores ($R = 0,81$) traduz uma menor afinidade entre ambos os parâmetros devido à diferença de concentração do bicarbonato entre a superfície e o fundo dos lagos, como é demonstrado pelo maior coeficiente de variação verificado nas amostragens efectuadas na época de Verão (Tabelas 4.1 e 4.2).

Também a disposição das amostras de água dos lagos no primeiro gráfico da Figura 4.64 demonstra a grande variação da concentração do bicarbonato em relação aos valores de condutividade, associada aos valores de superfície e de fundo dos lagos.

Durante o período de Inverno, os coeficientes de variação deste parâmetro são inferiores comparativamente à época anterior, pelo facto de a maior circulação da água nos lagos provocar a homogeneização do bicarbonato em profundidade, à semelhança das restantes variáveis analisadas (Fig. 4.65). Assim que a resistência térmica aumenta na água dos lagos e impede a mistura da água em profundidade, verifica-se uma alteração desta espécie ao longo da coluna de água, particularmente, na superfície e no fundo dos lagos.

Quando as plantas aquáticas apresentam afinidade semelhante para o dióxido de carbono e para o bicarbonato, a utilização desta última espécie no metabolismo das algas ocorre, geralmente, quando a sua concentração é mais de 10 vezes superior à do CO_2 (Wetzel, 1993). Este facto poderá explicar a diminuição da concentração do bicarbonato no *epilimnion* de alguns lagos.

Todavia, existe uma maior tendência, na maioria das amostragens efectuadas no Verão, em apresentarem maiores teores deste parâmetro mais à superfície da água, particularmente na Lagoa Verde e do Congro. Os processos biológicos, nomeadamente nos lagos eutrofizados, apresentam um grande índice de produtividade que, através dos processos fotossintéticos, podem contribuir para o aumento significativo do pH nestas águas (Lampert e Sommer, 2007). Segundo Wetzel (1993), quando se verifica a estagnação da água dos lagos, o que acontece vulgarmente nos lagos em que a margem é densamente colonizada, é a viragem para o metabolismo do bicarbonato, assim como o aumento do pH está muitas vezes relacionado com uma redução severa do CO_2 .

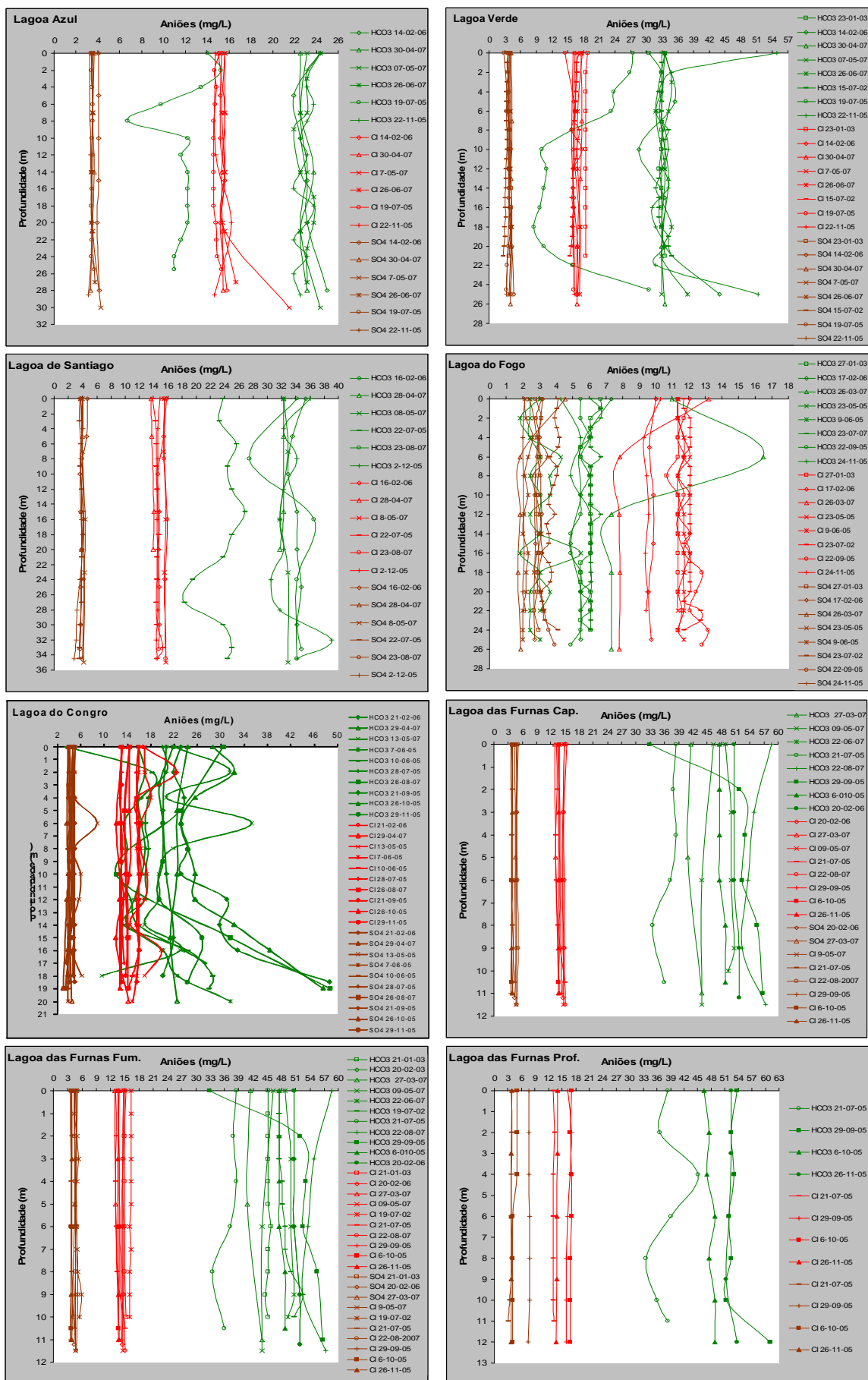
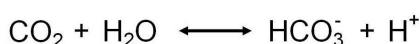


Fig. 4.65. Perfis dos aniões realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.

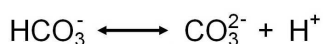
O pH é alcalino na zona fótica dos lagos da ilha de São Miguel, particularmente no período mais quente do ano com valores superiores à neutralidade e inferiores a 10, em resultado da actividade biológica e da acção tamponizante dos lagos (Fig. 4.29).

A concentração do anião bicarbonato nos sistemas abertos de água doce, à semelhança do que ocorre no mar, depende do valor de pH e o seu equilíbrio é afectado pela temperatura e pela concentração de sais na água. Entre esta gama de pH, a espécie de carbonato dominante nos lagos é o anião bicarbonato (Wetzel, 1993; Deutsch, 1995).

O sistema carbonatado ($\text{CO}_2 - \text{HCO}_3^- - \text{CO}_3^{2-}$) tem sido amplamente estudado nos ambientes de águas abertas e pode ser descrito pelas seguintes equações:



$$K_{a1} = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = 4,45 \times 10^{-7} \quad \text{p}K_{a1} = 6,35$$



$$K_{a2} = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4,69 \times 10^{-11} \quad \text{p}K_{a2} = 10,33$$

sendo $\text{p}K_a = -\log K_a$. Deste modo, a espécie resultante do CO_2 dissolvido na água depende essencialmente do pH (Fig 4.66; Wetzel, 1993; Manahan, 2000; Albarède, 2003).

É possível verificar-se na figura 4.65 que os perfis do ião bicarbonato realizados no Verão denotam uma tendência no aumento da sua concentração no *hipolimnion*, situação bem marcada nos perfis efectuados nas Lagoas Verde e do Congro. Apesar da menor resistência térmica da água na Lagoa das Furnas, alguns dos perfis executados relativos ao ião bicarbonato também manifestam esta tendência. Estas amostras de água apresentam uma relação positiva com a mineralização da água (Fig. 4.64), pelo que indiciam que o bicarbonato tem uma origem a partir da neutralização da acidez da água do fundo dos lagos.

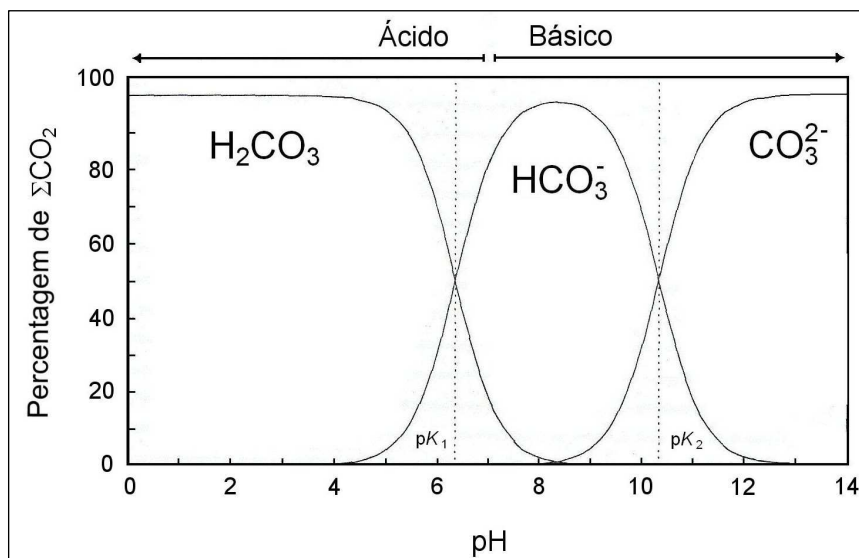


Fig. 4.66. Proporção relativa das diferentes espécies de carbono inorgânico em solução e em função do pH. Todavia, muitos sistemas de água natural têm um valor de pH próximo da neutralidade e a espécie de carbono predominante é o ião bicarbonato (adaptado de Albarède, 2003).

Estes dados sugerem que o aumento da concentração do bicarbonato no fundo dos lagos, em particular nos que registam um maior aumento incremento desta espécie, pode estar relacionado com a entrada de fluidos de origem vulcânica, face ao ambiente anóxico do *hipolimnion* (Fig. 4.34).

O anião cloreto, no substrato rochoso, é extremamente dinâmico e muito solúvel. Quando em solução, de uma forma geral, tem uma baixa interacção com os restantes elementos químicos. Considerado como não reactivo, não forma complexos, tem uma interacção limitada com a superfície mineral e é o menos afectado pelo metabolismo dos biotas, sendo encarado como um ião relativamente conservativo (Wetzel, 1993; Berner e Berner, 1996; Drever, 1997).

Este elemento, normalmente, não é dominante nos sistemas de lagos abertos. Não obstante, os lagos localizados nas regiões marítimas recebem frequentemente entradas significativas de cloretos provenientes do transporte atmosférico a partir de sais marinhos (Wetzel, 1993).

Na Lagoa do Fogo, esta espécie química é dominante (53,4% – 59,2%) relativamente aos aniões principais e a sua concentração na água do lago, à semelhança dos restantes iões analisados, é comparativamente inferior aos restantes lagos da ilha de São Miguel, variando entre os 7,81 mg/L e os 13,19

mg/L (Tabela 4.1), o que reflecte a melhor qualidade da água deste sistema lacustre.

A entrada do cloreto no sistema lacustre da Lagoa do Fogo deve-se, principalmente, ao acarreo de sais da água do mar através do transporte atmosférico, como se constata a partir do gráfico da Figura 3.67. Sugere-se que este seja o processos principal de entrada de cloreto em solução em todos os lagos, embora da observação da Figura 4.67 se verifica um enriquecimento em sódio relativamente à recta representativa da água do mar.

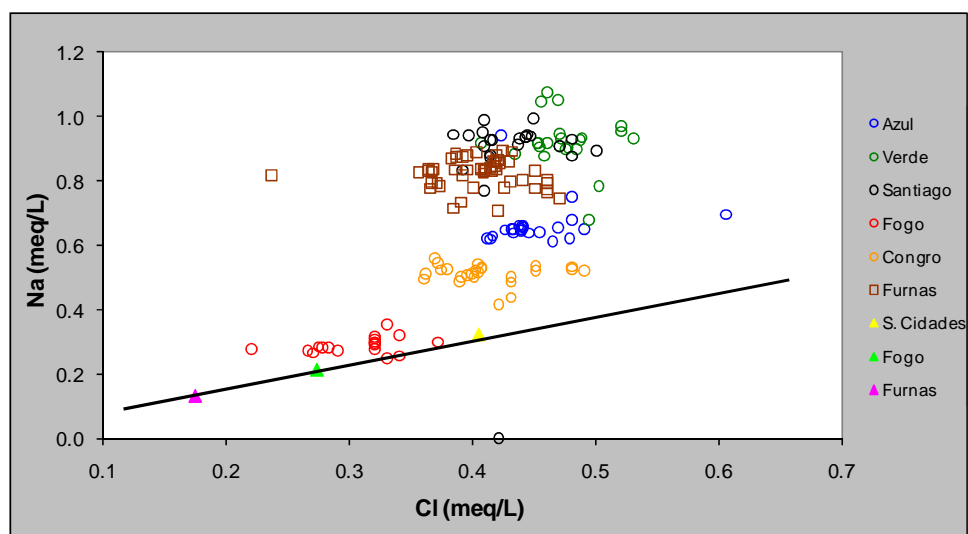


Fig. 4.67. Distribuição das amostras da água dos lagoa da Ilha de São Miguel em relação aos iões sódio vs cloreto e à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).

As principais fontes do cloreto nos sistemas de água abertos das regiões temperadas estão relacionadas com: (1) entrada de sais de origem marinha através do transporte atmosférico, (2) dissolução da halite, (3) *input* de águas minerais nas regiões vulcânicas e através de várias fontes poluidoras como os resíduos domésticos e industriais (Wetzel, 1993).

As amostras de água recolhidas nos restantes lagos da ilha de São Miguel evidenciam outros processos no controlo deste elemento em solução, nomeadamente, os processos de interacção água-rocha anteriormente mencionados, aos quais não se exclui um contributo de origem vulcânico.

Relativamente ao anião sulfato, é a terceira espécie química mais representada nos sistemas lacustres da ilha de São Miguel, variando entre os 6% na Lagoa das Furnas e os 15,7% na Lagoa do Fogo, do total das espécies aniónicas destes sistemas.

À semelhança do anião cloreto, este parâmetro apresenta um comportamento muito estável em profundidade, que se traduz pelo baixo desvio padrão calculado nos diferentes lagos (Tabelas 4.1 e 4.2). Apesar dos dados estatísticos demonstrarem uma maior variação desta espécie em profundidade, coincidente com o período em que existe estratificação da água de origem térmica, esta variação é muito ténue (Fig. 4.65). Não obstante, esta situação poderá estar relacionada com o metabolismo dos biota, uma vez que o enxofre é utilizado por todo os organismos vivos, tanto na forma orgânica como inorgânica. A sua alteração, nomeadamente a redução do sulfato nas águas estratificadas, tem uma acção importante no ciclo dos restantes nutrientes, na produtividade dos ecossistemas e na distribuição dos biota (Wetzel, 1993).

Atendendo ao facto desta espécie química apresentar um comportamento sazonal muito estável ao longo da coluna de água poderemos considerar que o anião sulfato, nestes sistemas lacustres, encontra-se em quantidade suficiente para suprir as necessidades dos organismos vivos, pelo que a acção dos biota sobre esta espécie poder-se-á considerar desprezável.

A fonte dos compostos de enxofre nas águas naturais de superfície está relacionada com os processos de dissolução das rochas, os fertilizantes a precipitação atmosférica e a actividade vulcânica (Wetzel, 1993; Berner e Berner, 1996).

Da projecção dos aniões sulfato vs cloreto é possível visualizar, de uma forma geral, que todas as amostras representativas dos lagos da ilha de São Miguel, exprimem um enriquecimento em sulfato relativamente à recta representativa da água do mar (Fig. 4.68).

As amostras da água da chuva, que evidenciam um alinhamento, sensivelmente, com a mesma inclinação da recta que caracteriza a água do mar e como a maioria das amostras de água das lagoas do Fogo, Azul, Verde e de Santiago, apresentam teores de sulfato superiores aos verificados na água do

mar, facto que poderá estar relacionado com o contributo da poluição atmosférica relativamente ao ião sulfato.

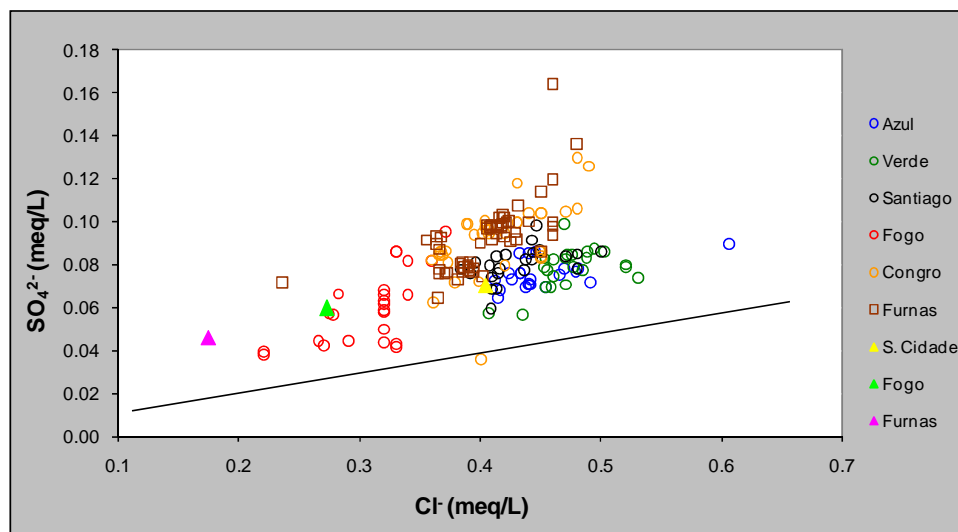


Fig.4.68. Distribuição das amostras da água dos lagoa da Ilha de São Miguel em relação aos iões sulfato vs cloreto e à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).

Com efeito, a maior fonte do sulfato nos sistemas de água aberto a nível mundial corresponde à poluição (54%), nomeadamente à poluição de origem atmosférica (Berner e Berner, 1996). Segundo Wetzel (1993), esta fonte de sulfato é dominante em relação às restantes e tem-se verificado o seu aumento devido à combustão dos produtos industriais.

Não obstante, algumas das amostras projectadas evidenciam uma melhor correlação entre estes dois parâmetros, nomeadamente, a maioria das amostras de água que correspondem à Lagoa do Congro e das Furnas, situação que se traduz no afastamento destas amostras de água do alinhamento evidenciado pelas amostras que correspondem à água da chuva.

A forma oxidada do sulfato é relativamente solúvel e, de uma forma geral, encontra-se nos minerais de gesso, na anidrite dos evaporitos e na barite das fontes hidrotermais (Custódio, 1983; Albarède, 2003).

O sulfato é abundante nas fumarolas e nos fluidos hidrotermais (Albarède, 2003). Contudo, não se exclui uma contribuição do sulfato com origem nos fertilizantes agrícolas. Com efeito, o sulfato é um dos elementos que integra muitos dos correctivos químicos utilizados na agricultura/pecuária sugerindo-se

que a sua importância no quimismo dos sistemas poderá estar relacionado com a poluição agrícola.

Os dados obtidos sugerem que outros processos, além da contaminação por sais de origem marinha, são responsáveis por este comportamento, como a dissolução do substrato rochoso, segunda fonte mais abundante de sulfato a nível mundial (33%; Berner e Berner, 1996). Contudo, estes lagos estão localizados em bacias hidrográficas onde se exercem actividades ligadas à agropecuária, situação que poderá justificar um aumento do sulfato na água dos lagos devido à poluição provocada pelo excesso de adubação dos terrenos.

A concentração do anião bicarbonato nos lagos da ilha do Pico é o segundo mais importante na mineralização da água destes sistemas com um contributo aniónico total médio de 23,3%.

Comparativamente com os sistemas lacustres da ilha de São Miguel, a concentração desta espécie nos lagos da ilha do Pico é muito inferior - cerca de 10 vezes (Fig 4.69). A concentração máxima de bicarbonato registou-se numa amostra de água de superfície na Lagoa do Capitão e do Paul, com 4,88 mg/L. Por sua vez, a concentração mínima deste parâmetro diz respeito a uma amostra do fundo da Lagoa do Caiado com 1,22 mg/L (Tabela, 4.5).

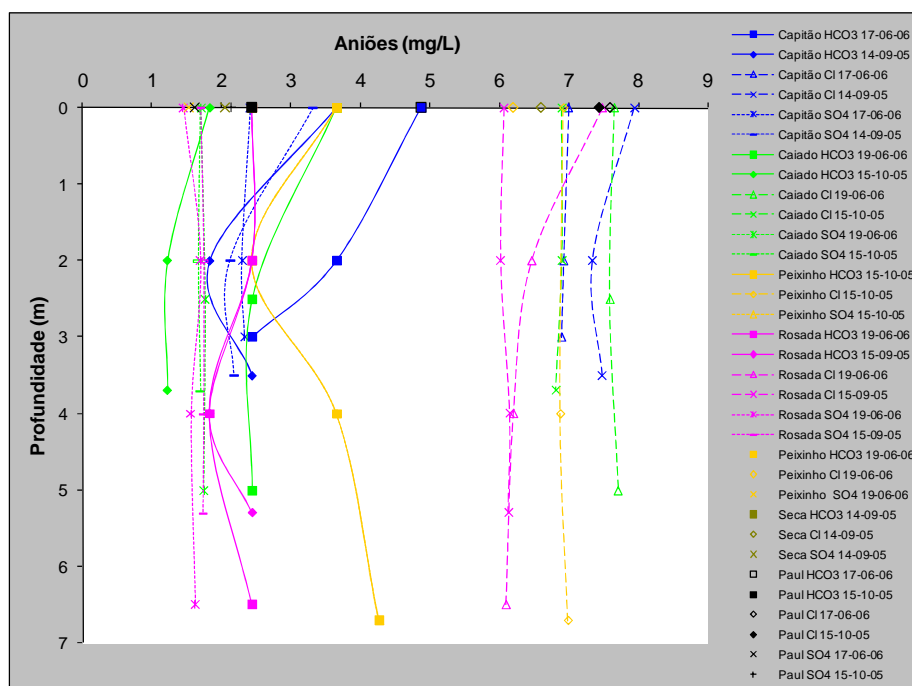


Fig. 4.69. Perfis dos catiões determinados nas Lagoas da ilha do Pico.

Apesar do baixo teor de bicarbonato nestes sistemas, é possível constatar na Figura 4.69 uma ligeira tendência na diminuição da concentração desta espécie em profundidade, com excepção da Lagoa do Peixinho.

O facto destes lagos apresentarem pequenos volumes de água e, principalmente, reduzidas concentrações dos iões em solução, juntamente com a rápida renovação da água, permitem deduzir que o principal processo que contribui para o bicarbonato em solução na água dos lagos estará relacionado com o dióxido de carbono proveniente das trocas gasosas à superfície da água.

Face às diminutas concentrações dos vários parâmetros químicos nestes sistemas, torna-se complexo determinar com rigor os processos que determinam a origem dos diferentes parâmetros em solução. Contudo, é possível que na Lagoa do Peixinho o ligeiro aumento do anião bicarbonato esteja relacionado com a reacção do CO_2 com proveniência da decomposição da matéria orgânica no fundo deste sistema, devido à boa oxigenação do lago. Este aumento do dióxido de carbono em profundidade coincide com a diminuição do pH.

Relativamente ao cloreto, nos sistemas lacustres da ilha do Pico este anião é dominante, como se constata na figura relativa aos perfis efectuados, com um contributo médio de 60,6%. De uma forma geral, a sua concentração é inferior em comparação aos restantes sistemas aquáticos estudados nos Açores, estando em consonância com a fraca mineralização dos respectivos lagos.

Similarmente ao caso de São Miguel, a entrada do ião cloreto em solução nos lagos está relacionada com a contaminação de sais de origem marinha, mecanismo que controla o quimismo destes sistemas, como se depreende da proximidade das amostras de água dos lagos à recta que caracteriza a água do mar quando se relaciona este elemento com o catião sódio (Fig. 4.67).

Nos sistemas lacustres da ilha do Pico, o anião sulfato também é a terceira espécie que mais contribui para o conteúdo aniónico total, nas diferentes amostragens efectuadas. Nestes lagos, o sulfato contribui em média com 16,2% das espécies aniónicas para a mineralização destes sistemas, registando-se uma variação média entre os 12% na Lagoa do Paul e os 22% na Lagoa do Capitão.

Da projecção dos parâmetros sulfato vs cloreto, com excepção das amostras de água da Lagoa do Capitão, é possível observar que as amostras da água dos

lagos do Pico se dispõem entre a recta que caracteriza a água do mar, relativamente às espécies consideradas, e o alinhamento preconizado pelas amostras de água da chuva recolhidas nos três maciços vulcânicos da ilha de São Miguel, representada a título indicativo (Fig. 4.70).

Estes dados sugerem que o principal processo hidroquímico responsável pelo anião sulfato em solução se deve à contaminação destes sistemas por sais de origem marinha introduzidos nos sistemas lacustres através da precipitação atmosférica.

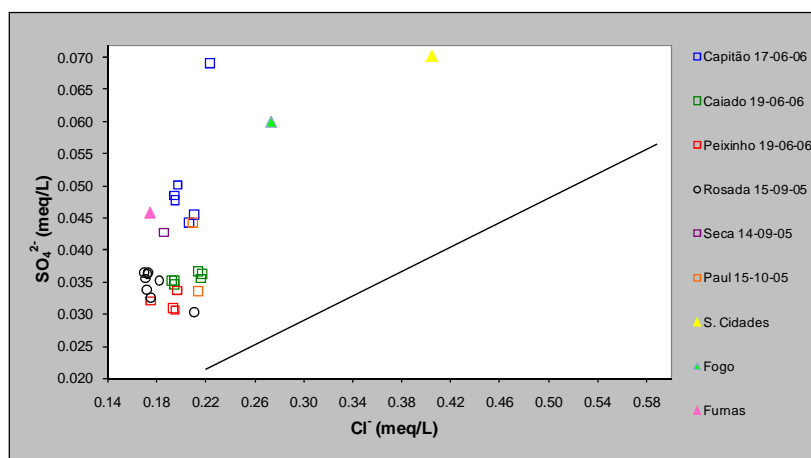


Fig. 4.70. Distribuição das amostras da água dos lagoa da Ilha do Pico em relação aos iões sulfato vs cloreto e à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).

Nos lagos da ilha das Flores, a concentração do anião bicarbonato apresenta uma gama alargada de valores entre os diferentes lagos estudados, como se observar na figura 4.71. Os sistemas lacustres com maior volume de água apresentam maiores concentrações desta espécie em solução, na mesma ordem de grandeza que os registados na maioria dos lagos da ilha de São Miguel.

Na Lagoa Negra e Funda o bicarbonato é a espécie aniónica dominante contribuindo com 70,86 e 64,87 %, respectivamente para o total dos aniões em solução, como é demonstrado pela boa afinidade entre esta variável e a condutividade (Fig. 4.70).

A concentração desta espécie na Lagoa Negra varia entre os 30,5 e os 52,5 mg/L ao longo da coluna de água. A menor concentração do bicarbonato verifica-

se na camada mais superficial do lago (-10 m), o que poderá estar relacionado com a actividade biológica, face à menor reposição do CO_2 entre a superfície e os 10 metros de profundidade.

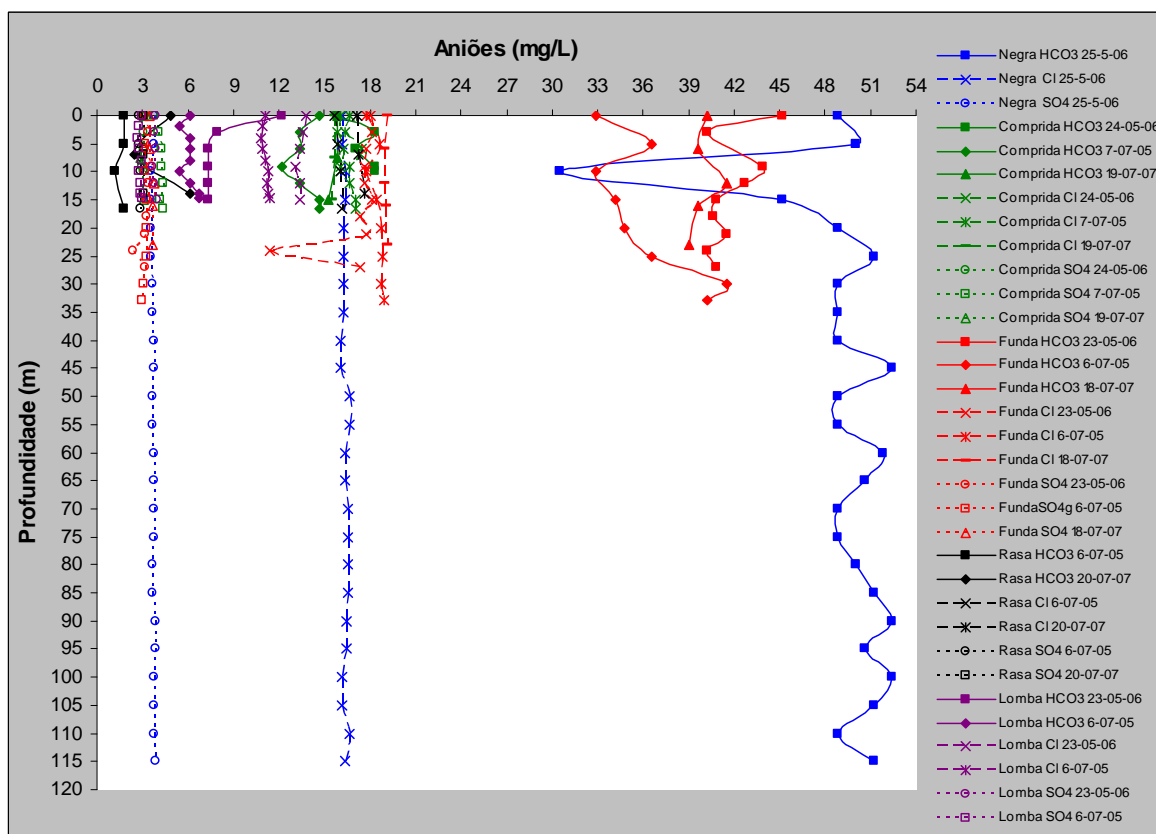


Fig. 4.71. Perfis dos aniões determinados nas Lagoas da ilha das Flores.

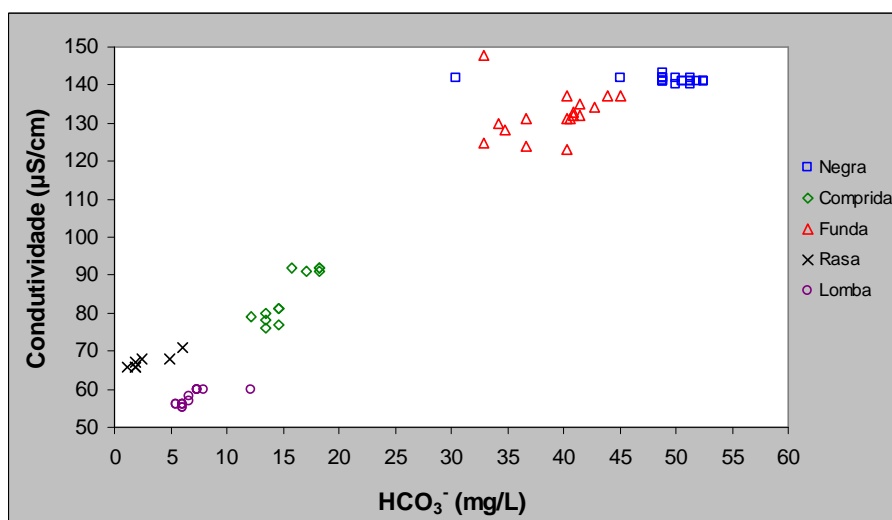


Fig. 4.72. Relação entre a mineralização da água representada pela condutividade e da concentração do ião bicarbonato analisado nos diferentes sistemas estudados.

Na Lagoa Funda a concentração do bicarbonato varia entre os 33 e os 45 mg/L e, à semelhança do lago anterior, a maior variação no teor deste elemento diz respeito às amostras de superfície.

No extremo oposto, no gráfico da Figura 4.72, projectam-se junto à origem as amostras referentes às Lagoas Rasa e da Lomba. Estas amostras de água, comparativamente às restantes, exibem uma tendência no aumento da concentração do bicarbonato, independentemente do aumento do valor da condutividade. Estes dados sugerem que a origem do bicarbonato nestes dois sistemas lacustres está relacionada com a entrada do dióxido de carbono à superfície da água, à semelhança dos processos que determinam a entrada do bicarbonato em solução nos lagos da ilha do Pico.

Com efeito, estes sistemas apresentam semelhanças entre si, quer na concentração desta espécie ao longo da coluna de água como o ião bicarbonato é a segunda variável mais importante das espécies aniónicas na mineralização da água, com uma contribuição de 12% na Lagoa Rasa e de 31 % na Lagoa da Lomba.

A Lagoa Comprida, com um volume de água e uma profundidade semelhantes à Lagoa Rasa e da Lomba, encerram uma concentração do ião bicarbonato superior aos dois outros lagos. As amostras de água, projectadas na figura 4.71, exibem uma relação positiva entre os dois parâmetros, sinonimo da importância desta espécie na mineralização da água. Contudo, o bicarbonato é a segunda espécie mais representativa dos aniões em solução (43), muito próxima dos 46 % do anião cloreto.

Com efeito, o cloreto é o anião mais importante nestes sistemas aquáticos de menor volume, representando 54% e 75% do conteúdo aniónico total nas lagoas da Lomba e Rasa, respectivamente. Como foi referido anteriormente, na Lagoa Comprida a percentagem desta espécie é muito semelhante ao conteúdo do bicarbonato.

Nas lagoas Negra e Funda, os maiores lagos da ilha das Flores, o cloreto é o segundo anião mais representativo, contribuindo com 23% e 29%, respectivamente, para o total das espécies aniónicas em solução.

À semelhança do comportamento das amostras de água relativas à Lagoa do Fogo e dos sistemas lacustres da ilha do Pico, os lagos de menor dimensão das Flores também evidenciam o contributo dos sais marinhos no controlo do quimismo destes sistemas a partir do acarreo atmosférico, situação já evidenciada para o catião sódio.

As amostras de água da Lagoa Comprida tendem a afastar-se das amostras de água dos dois lagos anteriores, situação relacionada com a entrada da água das duas nascentes que drenam para esta lagoa. A concentração do ião cloreto nestas duas nascentes é de 19,5 e 18,6 mg/L e do catião sódio de 17,5 e 18,4 mg/L. Atendendo às características conservativas do cloreto, este elemento é diluído na água do lago, contribuindo para um maior conteúdo aniónico.

Contudo, a concentração do anião cloreto destaca-se dos sistemas da ilha do Pico com uma concentração mínima de 10,8 mg/L na Lagoa da Lomba e superior a 15 mg/L nos restantes lagos. Este resultado, à semelhança dos restantes iões analisados, reflecte um maior tempo de residência da água destes sistemas aquáticos, situação que não exclui a interacção água-rocha para o contributo geoquímico na generalidade dos lagos.

O anião sulfato é a terceira espécie aniónica mais abundante, contribuindo com uma média de 8,5% do total dos aniões maiores nestes sistemas lacustres. Contudo, em termos médios do conteúdo em sulfato, mais uma vez poderemos distinguir os mesmos dois grupos de lagos que se distinguem pelos diferentes volumes de água que encerram. A Lagoa Negra e Funda encerram os menores teores em sulfato, com 5,4% entre o total de espécies aniónicas, e nas Lagoas Comprida, Rasa e da Lomba, o ião sulfato contribui com respectivamente 10%, 13% e 14%, do total dos aniões na mineralização da água destes sistemas.

Na generalidade dos lagos estudados, o principal factor na mineralização destes sistemas está relacionado com a contaminação por sais de origem marinha como se depreende pela projecção das amostras de água analisadas próximas da recta que caracteriza a água do mar, e da proximidade das amostras da água de precipitação de São Miguel, representada a título indicativo (Fig. 4.73). Observa-se um ligeiro enriquecimento em sulfato relativamente à água do mar.

Para além da contribuição atmosférica, outro processo que controla o quimismo da água das lagoas Negra e Funda relaciona-se com a dissolução dos minerais silicatados, como sugerem os dados da figura 4.72 onde se observa um enriquecimento em bicarbonato associado a uma maior mineralização da água.

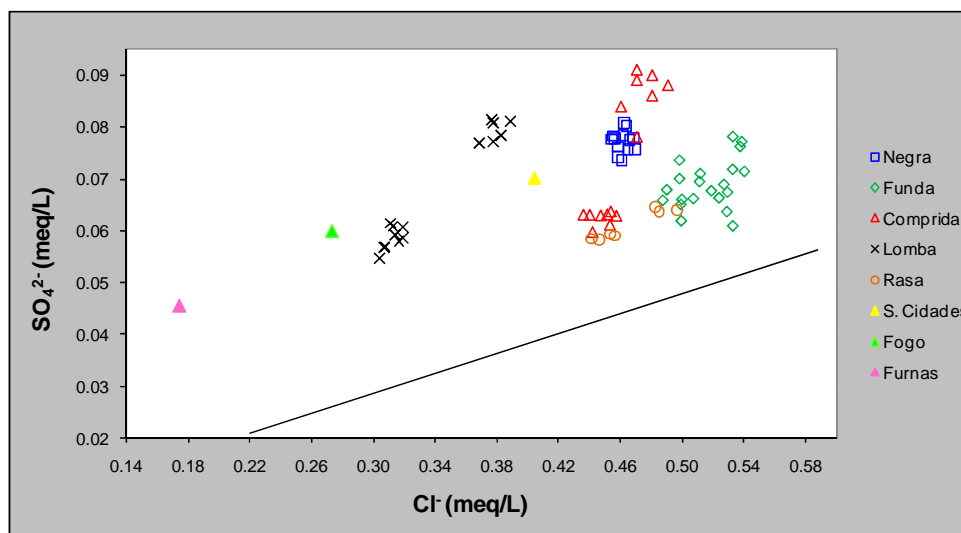


Fig. 4.73. Distribuição das amostras da água dos lagoa da Ilha das Flores em relação aos iões sulfato vs cloreto e à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).

Nos lagos localizados no interior das grutas lávicas, é notória a grande concentração do anião bicarbonato na Lagoa da Forna do Enxofre que varia entre os 200 e os 268 mg/L (Fig. 4.74).

Este parâmetro é o que mais contribui para a mineralização da água do lago, com 72 % das espécies aniónicas em solução.

Do cruzamento deste parâmetro com a condutividade, o bicarbonato evidencia um ligeiro aumento de concentração, independente da mineralização da água do lago (Fig. 4.75). A concentração desta espécie na água resulta da neutralização da acidez da água devido à entrada de fluidos de origem vulcânica, situação que poderá exceder a capacidade tamponizante do lago.

O lago do Algar do Carvão possui uma menor concentração do anião bicarbonato, mas também é o elemento que mais contribui para a mineralização da água com 70 % das espécies aniónicas. Atendendo ao enquadramento geoestrutural desta gruta, o bicarbonato poderá entrar no sistema em resultado da

lixiviação dos minerais silicatados, o que é coincidente com a maior concentração de sílica neste sistema.

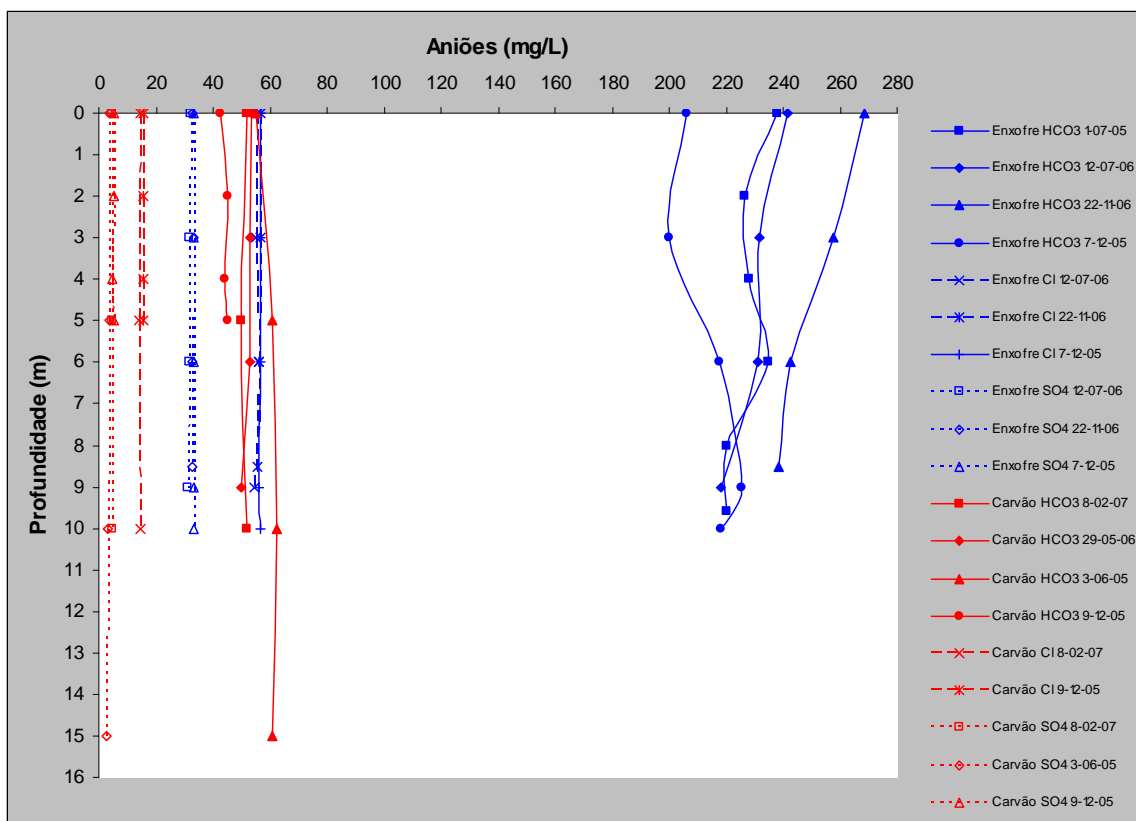


Fig. 4.74. Perfis dos aniões determinados nas Lagoas do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre.

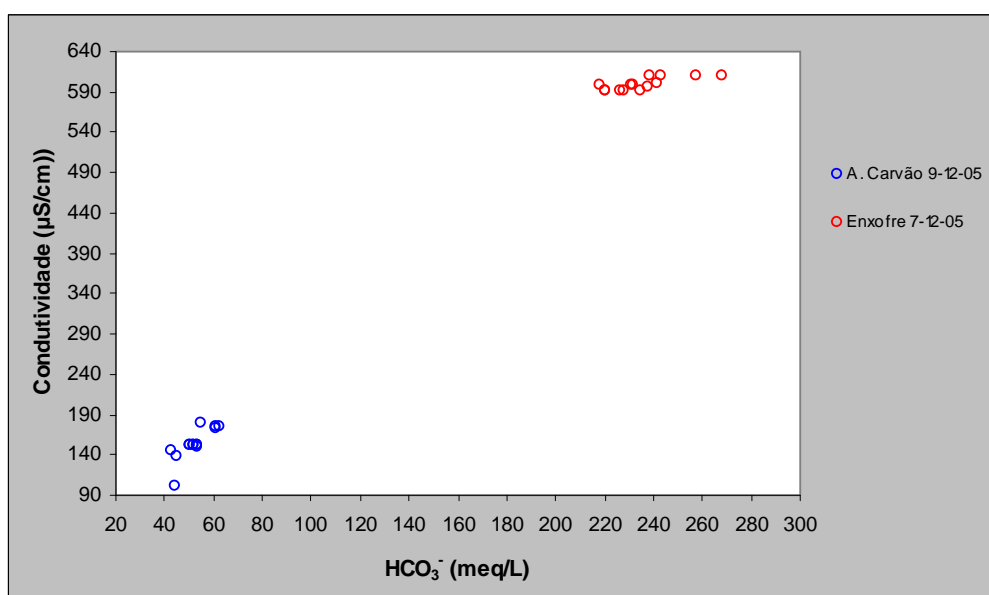


Fig. 4.75. Relação entre a mineralização da água representada pela condutividade e da concentração do íon bicarbonato.

Da projecção dos catiões sódio e potássio com o anião bicarbonato, observa-se que as amostras dos lagos se distribuem segundo duas tendências principais (Fig. 4.76).

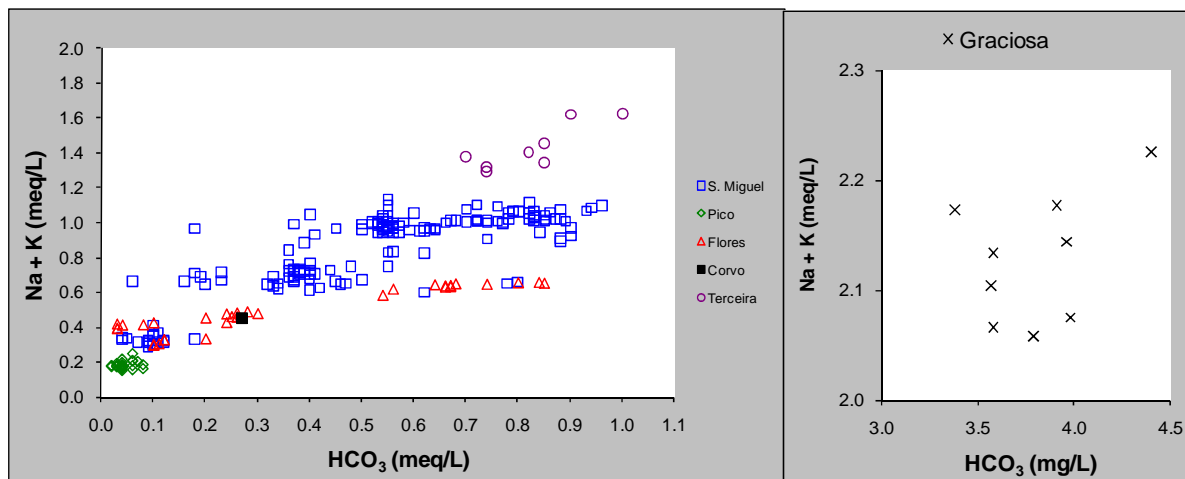


Fig. 4.76. Relação entre a concentração dos catiões sódio e potássio com o anião bicarbonato.

Existe um grupo de amostras de água que pertence às lagoas da Ilha do Pico, às Lagoas do Fogo (São Miguel), Rasa e da Lomba (Flores) que se dispõe próximo da origem e do eixo das ordenadas e que, no seu conjunto, demonstram uma tendência no enriquecimento dos metais alcalinos, independentemente da variação da concentração do bicarbonato. Nestes lagos, a contaminação por sais de origem marinha através do transporte atmosférico controla o quimismo destes sistemas lacustres e o dióxido de carbono na água está relacionado com as trocas gasosas que se processam à superfície da água e a partir da decomposição da matéria orgânica.

Um segundo grupo de lagos apresenta uma relação linear entre as variáveis em questão, que reflecte a influência dos processos de interacção água-rocha, como principal mecanismo de evolução geoquímica. Não obstante, esta relação também poderá reflectir a contaminação por fluidos de origem vulcânica, como no caso da Furna do Enxofre. Este cenário é compatível com o quimismo patente em alguns destes sistemas, pelo que a descarga de fluidos hidrotermais no fundo e margens das lagoas poderá influenciar os processos hidroquímicos que controlam as diferentes espécies em solução.

Algumas das amostras de água dos diferentes sistemas lacustres demonstram uma tendência no aumento do bicarbonato indiferente ao aumento dos cátions metálicos. Na sua generalidade, estes espécimes correspondem às amostras de superfície e reflectem as trocas gasosas ar-água dos diferentes sistemas.

No lago do algar do Carvão os processos de dissolução do substrato rochoso correspondem ao principal mecanismo mineralizador deste sistema. Contudo, o contributo do ião cloreto neste sistema está relacionado com a água de precipitação, como sugerem os dados da Figura 4.77. O cloreto é o segundo anião mais importante na composição química da água do lago, numa proporção de 24% do total, e a sua concentração encontra-se no mesmo intervalo de valores dos lagos que evidenciam o mesmo tipo de controlo hidrogeoquímico.

O anião cloreto regista a maior concentração na água da Lagoa da Furna do Enxofre, em comparação com os restantes lagos, com uma média de 56,2 mg/L (Fig. 3.74) e corresponde à segunda espécie aniónica mais representada no lago, com um contributo de 17%.

Os dados da figura sugerem um possível contributo do ião cloreto a partir dos fluidos de origem vulcânicos, devido ao enriquecimento deste elemento independente dos metais alcalinos e do bicarbonato. Todavia, esta condição poderá ser mascarada devido ao resultado homogéneo do cloreto nas diversas amostragens.

A origem do anião sulfato nos lagos localizados no interior das grutas lávicas difere dos restantes sistemas lacustres, no caso do lago da Furna do Enxofre. Da observação da Figura 4.77 é possível constatar que as amostras de água que correspondem à Lagoa do Algar do Carvão também se projectam próximo das amostras que caracterizam a água da chuva, o que denota o contributo deste elemento no sistema a partir da precipitação. Todavia, não se exclui um contributo desta espécie a partir da interacção água-rocha.

O sulfato, forma oxidada do composto de enxofre, está presente nos magmas e é abundante nas emanações vulcânicas. Durante a fusão das rochas do manto e na diferenciação magmática, o enxofre tem um comportamento compatível que é controlado pela exsolução e separação dos voláteis do magma (Albarède, 2003).

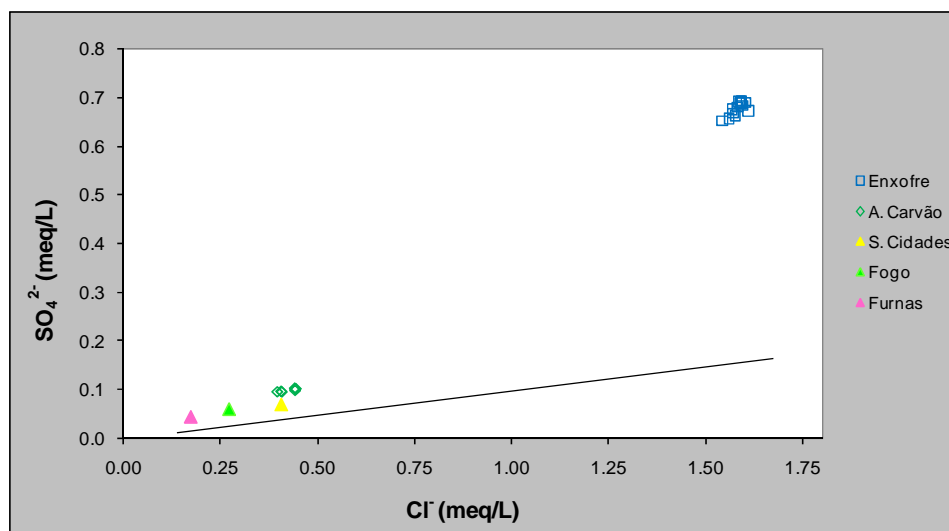


Fig. 4.77. Distribuição das amostras da água dos lagoa da Ilha das Flores em relação aos iões sulfato vs cloreto e à recta que caracteriza o teor destes elementos na água do mar. Os triângulos projectam o resultado da análise à água da chuva colhida na margem das lagoas das Sete Cidades (▲), do Fogo (▲) e das Furnas (▲).

Na Lagoa da Furna do Enxofre, as amostras de água analisadas denotam a influência da contaminação deste sistema por fluidos de natureza vulcânica. A projecção das amostras na Figura 4.77 mostra uma grande concentração do sulfato em relação às amostras do Lago do Algar do Carvão e da água da chuva, facto coincidente com o aumento do anião cloreto, como foi discutido anteriormente.

A absorção dos voláteis magmáticos ricos em gases ácidos, nomeadamente o dióxido de enxofre e o ácido clorídrico, pela fase hidrotermal vapor-líquido sob os edifícios vulcânicos produz soluções de pH ácido que, subsequentemente, interagem com os sistemas aquáticos localizados no interior das estruturas vulcânicas, dando origem a diferentes compostos de enxofre, designados por politionatos (Takano e Watanuki, 1990; Delmelle e Berner, 2000).

Também a entrada dos voláteis ácidos nos lagos acarreta a acidificação destes sistemas, devido à libertação dos protões H^+ derivados da reacção do ácido clorídrico (HCl) e sulfúrico (H_2SO_4) que, através da acção tamponizante dos lagos, contribui para o enriquecimento dos aniões sulfato e cloreto através da dissolução das rochas silicatadas (Delmelle e Berner, 2000).

Deste modo, o processo que controla a concentração dos iões sulfato e cloreto no quimismo da água do Lago da Furna do Enxofre corresponde à entrada de fluidos vulcânicos neste sistema, sendo a contribuição destas espécies em solução derivadas dos processos de interacção água rocha, um processo indirecto da contaminação vulcânica no lago.

Nestes sistemas lacustres, o CO_2 total é essencialmente controlado pelo bicarbonato, como se depreende da boa correlação entre estes dois parâmetros (Fig. 4.78) e pelo facto das amostras de água apresentarem um aumento de concentração do ião bicarbonato independente do CO_2 livre (Fig. 4.79).

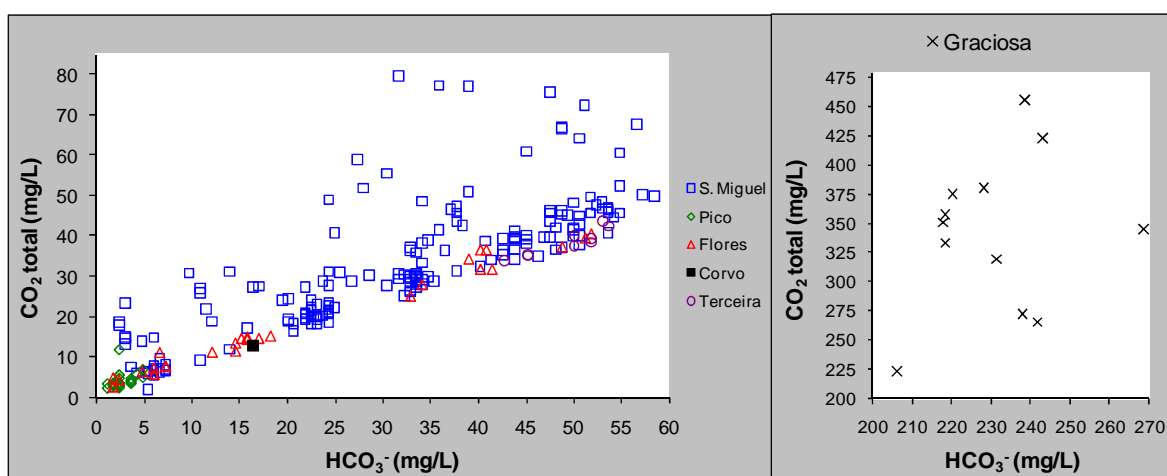


Fig. 4.78 Relação entre o CO_2 total com a concentração do anião bicarbonato analisados à superfície, a meio e no fundo da coluna de água, nos diferentes sistemas estudados.

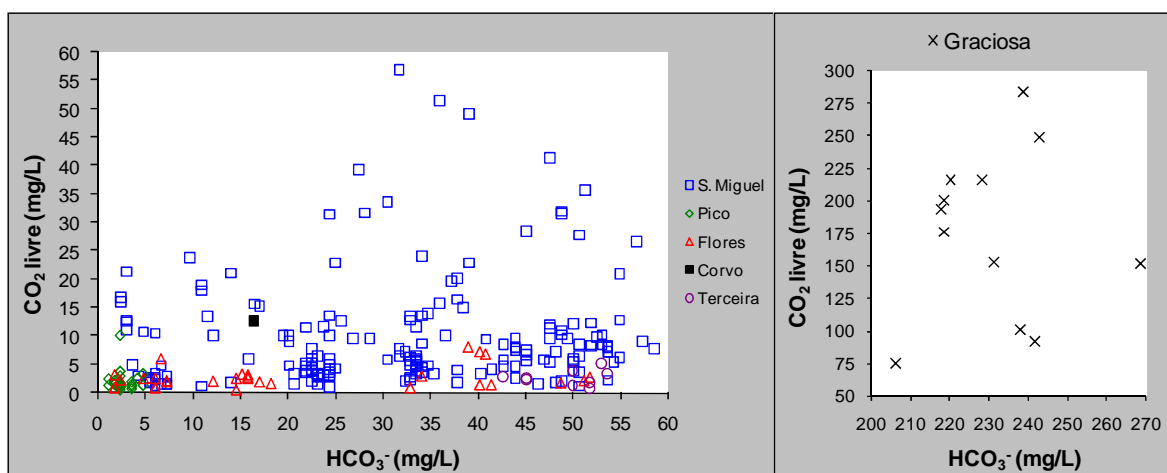


Fig. 4.79. Relação entre o CO_2 livre com a concentração do anião bicarbonato analisados à superfície, a meio e no fundo da coluna de água, nos diferentes sistemas estudados.

Contudo, uma análise mais rigorosa dos dados obtidos nos lagos da ilha de São Miguel revela um aumento mais acentuado entre as espécies relacionadas

nas Lagoas Verde, de Santiago, do Congro e das Furnas (Fig. 4.80). As amostras de água que apresentam maior conteúdo em CO_2 livre e bicarbonato, projectadas no quadrante superior da Figura 4.81 correspondem às recolhas efectuadas no fundo daqueles lagos, o que é compatível com os dados relativos aos perfis apresentados na Figura 4.65.

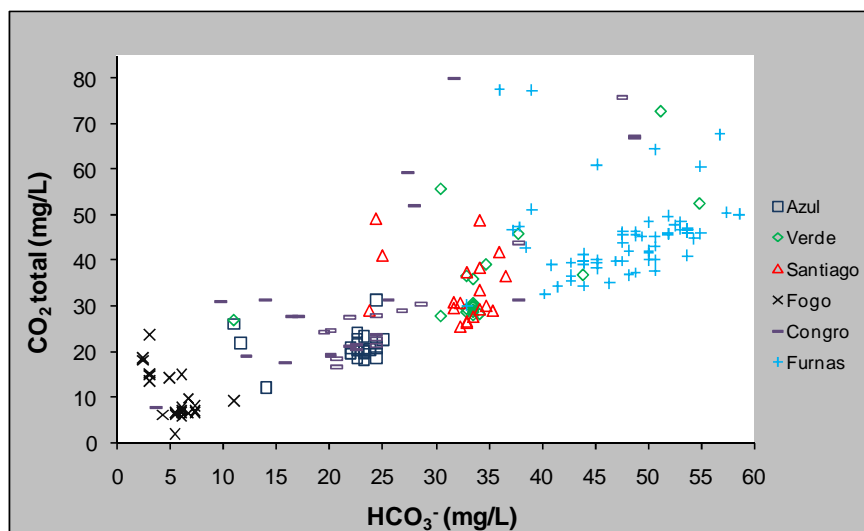


Fig. 4.80. Relação entre a concentração do dióxido de carbono total com o anião bicarbonato, nos lagos da Ilha de São Miguel.

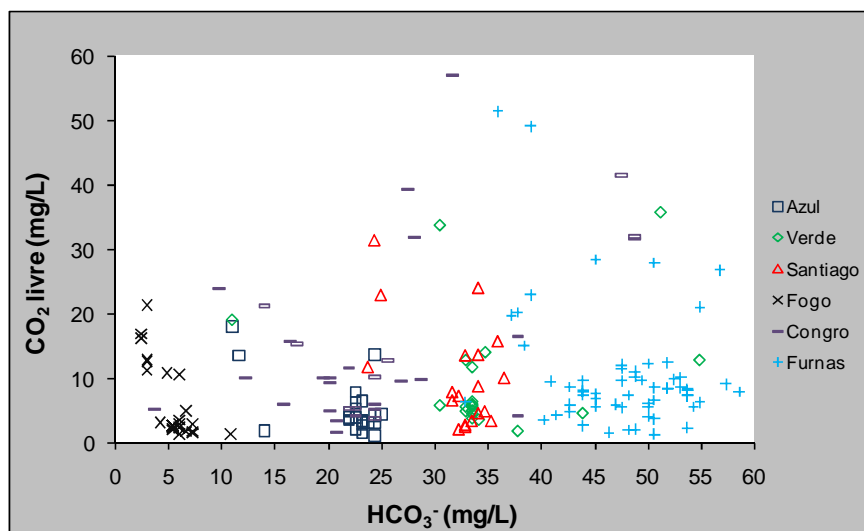


Fig. 4.81. Relação entre a concentração do dióxido de carbono total com o anião bicarbonato, nos lagos da Ilha de São Miguel.

O ligeiro enriquecimento quer em dióxido de carbono livre e bicarbonato no fundo dos lagos estará relacionado com a entrada nestes sistemas de CO_2 de origem inorgânica, nomeadamente, entrada de fluidos de origem vulcânica. Um exemplo será a entrada em solução de voláteis, nomeadamente o CO_2 , sendo a

neutralização da acidez da água promovida pela interacção água-rocha, o que acarreta enriquecimento em bicarbonato.

Em relação ao Lago da Furna do Enxofre, os dados das figuras 4.78 e 4.79 demonstram que a concentração do dióxido de carbono total é controlada pela entrada em solução do dióxido de carbono livre, de origem vulcânica, que através dos processos de neutralização dos fluidos ácidos, permite a entrada do bicarbonato em solução resultante da lixiviação do substrato.

As amostras de água que se projectam nos gráficos 4.78 e 4.79 junto à origem e que apresentam concentrações diminutas das espécies em questão revelam uma tendência, em cada um dos lagos, no aumento do dióxido de carbono, independentemente da concentração do bicarbonato. Estes lagos são os mesmos que demonstram um aumento do teor dos metais alcalinos isento do anião bicarbonato, como se observa no gráfico da figura 4.78. Desta forma, estes dados corroboram o aumento de concentração das espécies carbonatadas relacionado, essencialmente, com os processos orgânicos que decorrem nestes sistemas e com as trocas gasosas à superfície dos mesmos.

Da projecção das variáveis As vs. HCO_3^- é possível aquilatar acerca da contribuição de natureza vulcânica por descargas de fluidos hidrotermais ou por emanações gasosas que possam existir no fundo destes sistemas aquáticos (Fig. 4.80).

A Lagoa da Furna do Enxofre, face à maior concentração de bicarbonato, destaca-se das restantes amostras de água representadas no gráfico. No entanto, comparativamente às restantes amostras, apresenta uma menor concentração de arsénio o que sugere uma contaminação de dióxido de carbono na água do lago através da absorção de gases vulcânicos. Como foi referido anteriormente, os dados de Ferreira *et al.* (1993), acerca do campo fumarólico situado no interior desta gruta, determinam o dióxido de carbono como o principal componente dos voláteis, com cerca de 94 a 99% do total dos gases emitidos.

Os sistemas lacustres com maior concentração de As e que conjuntamente apresentam um aumento da concentração do HCO_3^- sugerem uma contribuição de CO_2 com origem nas águas hidrotermais que poderão ser descarregadas no fundo dos lagos. As amostras de água do Algar do Carvão, com uma

concentração de arsénio muito superior às restantes, a estarem sob a influência de algum tipo de contaminação vulcânica, estará relacionada com fluidos hidrotermais.

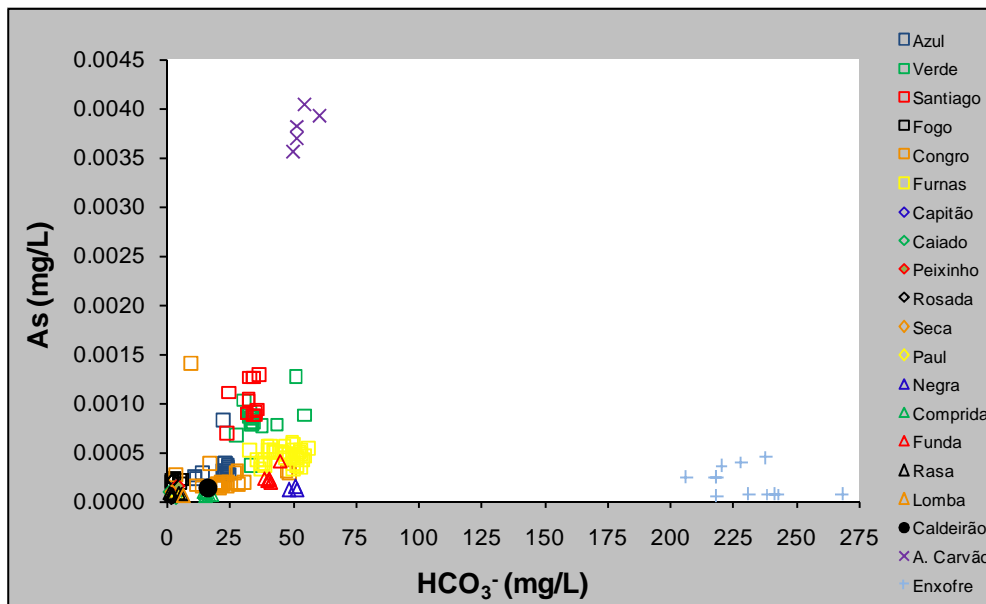


Fig. 4.82. Relação entre a concentração do arsénio com o anião bicarbonato, nos lagos dos Açores.

Excluindo as amostras de água das lagoas localizadas no interior das grutas, é possível obter uma melhor distribuição das mesmas, como se depreende através do gráfico da figura 4.83.

Os lagos localizados na ilha de São Miguel, cujos dados recolhidos e analisados sugerem a possibilidade de algum tipo de contaminação vulcânica (Lagoa Verde, de Santiago, do Congro e das Furnas), de uma forma geral, apresentam uma boa relação entre as espécies consideradas, nomeadamente as amostras da Lagoa de Santiago e Verde, localizadas muito próximas entre si e também no flanco do vulcão onde se localiza a nascente hidrotermal da ponta da Ferraria, no Lugar de Ginetes.

Também as amostras das duas lagoas das Sete Cidades evidenciam a diferença existente no teor de arsénio total congruente com os diferentes parâmetros já analisados.

Na Lagoa das Furnas é possível observar a escorrência superficial de fluidos para a água do lago junto ao campo hidrotermal que se situa anexo à lagoa, sendo perfeitamente aceitável uma contaminação da água do lago a partir destas fontes hidrotermais. No entanto, as amostras recolhidas na lagoa evidenciam uma menor concentração do arsénio na água, o que indica que a componente da desgaseificação de voláteis no sistema seja a principal forma de entrada da contaminação de origem vulcânica no lago.

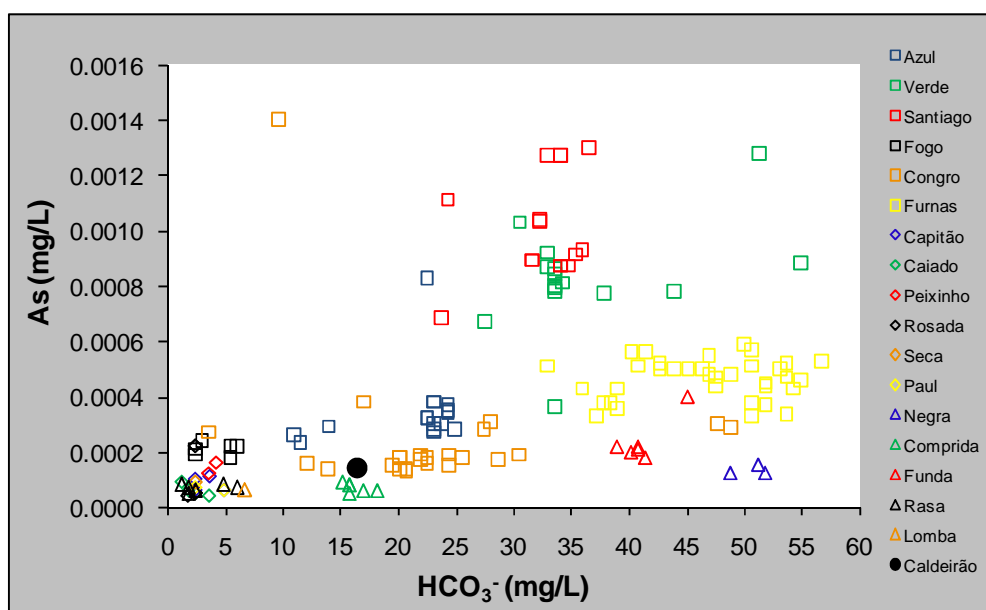


Fig. 4.83. Relação entre a concentração do arsénio com o anião bicarbonato, nos lagos das Ilhas de São Miguel, Pico, Flores e Corvo.

Os resultados da análise da Lagoa do Congro sugerem um contributo semelhante ao que ocorre na Lagoa das Furnas. Contudo, um dos resultados das amostras do fundo do lago apresenta um resultado de 1,4 mg/L, compatível com um contributo vulcânico a partir de fontes hidrotermais.

O grupo de lagos projectados junto à origem do gráfico é o mesmo que denota uma contribuição de sais de origem marinha no controlo do quimismo destes sistemas.

Relativamente à concentração do arsénio na Lagoa Comprida, está na mesma ordem de grandeza que a água analisada das duas nascentes que escorrem para a lagoa e também da nascente do Lajedo. A existir algum contributo vulcânico

neste lago e na Lagoa Funda, o mesmo poderá estar relacionado com este tipo de entrada nos lagos.

4.2.3.7. SiO_2

O silício, elemento não metálico que forma a sílica, é o terceiro componente mais abundante na Terra, depois do oxigénio e do ferro (White, 1999; Albarède, 2003).

Este catião é o elemento principal dos compostos silicatos que formam a zona do manto menos profundo sob a forma de olivina, piroxena, plagioclase e granada. Devido à abundância desta espécie no manto, o silício poderá ser classificado como um elemento ligeiramente incompatível neste meio. Na crosta da Terra e na parte mais superficial do manto, o silício encontra-se maioritariamente sob a forma de sílica, composto estável quando submetido a diferentes pressões (Albarède, 2003).

Nas águas naturais o silício está presente, principalmente, sob duas formas de sílica (SiO_2) (1) nos ácidos silícicos dissolvidos que formam soluções estáveis ligeiramente ácidas em que o complexo H_4SiO_4 é a espécie mais frequente, normalmente em concentrações mais elevadas das que ocorrem nas águas doces e (2) na sílica particulada, que também se encontra sob duas formas, (a) a de material biológico, nos organismos que utilizam a sílica, nomeadamente, na síntese de estruturas siliciosas e (b) na absorvida por partículas inorgânicas (ou complexada organicamente) que forma complexos com o hidróxido de ferro e de alumínio, fazendo diminuir a solubilidade dos silicatos nos sedimentos, quando o pH é superior a 7. A solubilidade da sílica aumenta por acção dos compostos húmicos e também através da formação de complexos húmicos de silicato e ferro ou alumínio (Wetzel, 1993).

A sílica, de uma forma geral, poderá ser considerada como medianamente abundante nos sistemas lacustres e a sua origem está relacionada com a dissolução dos minerais silicatados do substrato rochoso (Wetzel, 1993; Deutsch, 1997).

Para a mesma temperatura, a dissolução das rochas vulcânicas contribui para o dobro da concentração da sílica em solução, quando comparada com a

dissolução dos cristais das rochas plutónicas e metamórficas, devido a existir em maior concentração nos minerais de origem vulcânico, particularmente no vidro vulcânico. De uma forma geral, os basaltos contêm 45 a 50 % de sílica que nas rochas de natureza mais ácida atinge os 70 % (Berner e Berner, 1996; Albarède, 2003).

O silício é um elemento fundamental para os biota que se desenvolvem nos sistemas lacustres, sendo utilizado pelas algas dos lagos, nomeadamente pelas diatomáceas em larga escala o que modifica grandemente as taxas de fluxo deste composto nos lagos e outros sistemas de água superficial (Wetzel, 1993; Lampert e Sommer, 2007).

A concentração da sílica na água dos lagos apresenta variações sazonais e espaciais acentuadas, sendo maior nos lagos eutróficos. Na zona trofогénica dos sistemas lacustres mais produtivos a concentração deste composto poderá atingir concentrações inferiores aos limites de detecção, devido ao fitoplâncton, em particular, as diatomáceas e as radiolara (zooplâncton) que assimilam grandes quantidades de silício e que o utilizam na síntese das suas frústulas.

A sílica em solução nos lagos dos Açores apresenta concentrações variadas entre os diferentes sistemas lacustres e é o parâmetro que maior variação sofre ao longo da coluna de água face à assimilação do silício por parte de algumas espécies de fitoplâncton e zooplâncton.

Nos lagos de São Miguel as amostragens efectuadas no Inverno apresentam uma concentração da sílica, ao longo da coluna, com menor oscilação comparativamente com as amostragens efectuadas na época em que o lago está estratificado (Fig. 4.84). A maior estabilidade deste composto está relacionada com a mistura da água em profundidade e com a menor actividade e quantidade da flora do lago que mais consome a sílica. No Verão, face à maior intensidade e duração da radiação solar, estes sistemas lacustres tornam-se mais produtivos (Gonçalves *et al.*, 2005), aumentando o sequestro da sílica em solução que, por sua vez, aumenta a variação da concentração deste parâmetro em profundidade.

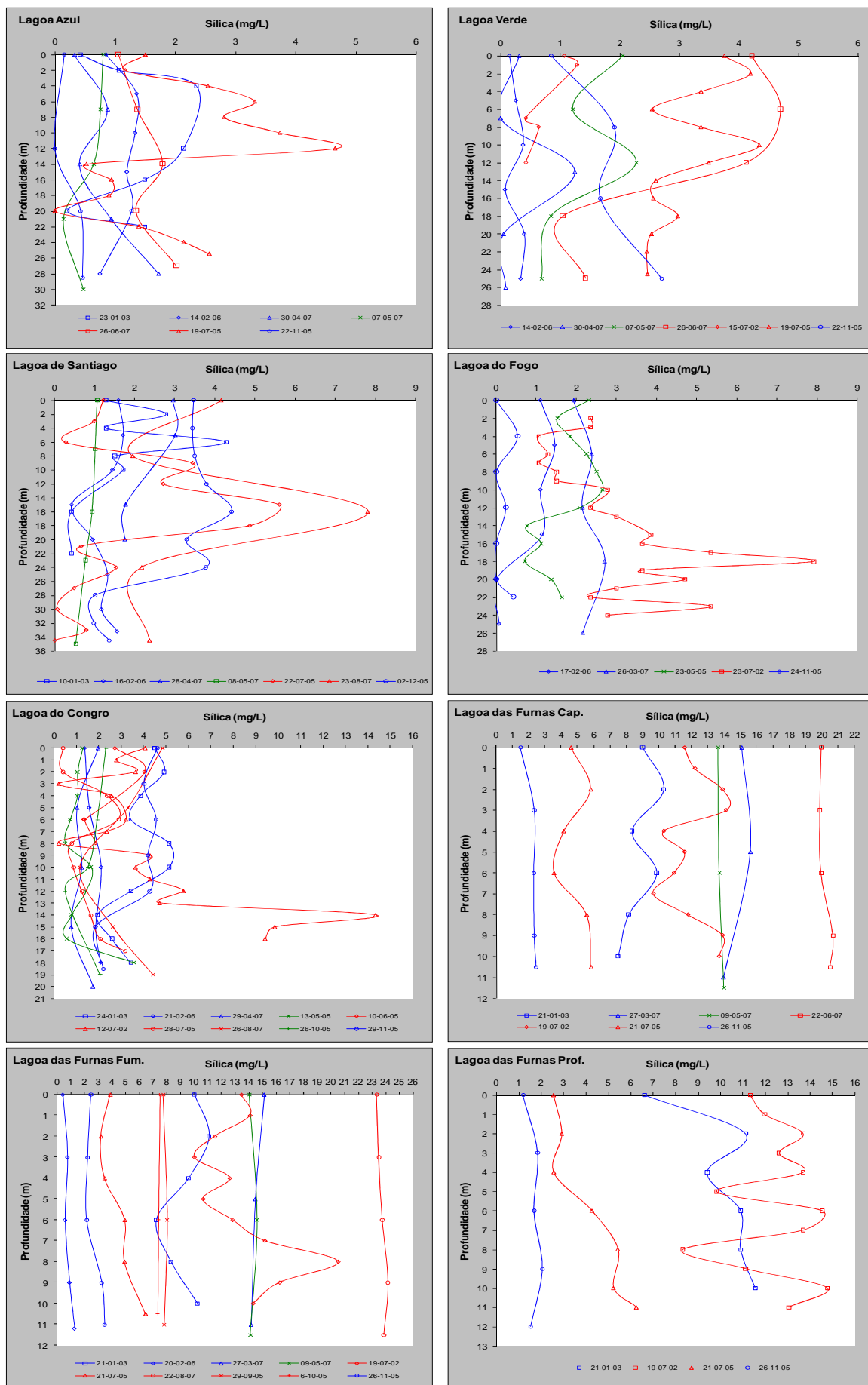


Fig. 4.84. Perfis da sílica realizados nas lagoas da ilha de São Miguel.

É no Verão que se verifica uma maior concentração da sílica nos lagos como se observa pelos valores máximos, mínimos e através da concentração média calculada para cada uma destes sistemas (Tabelas 4.1 e 4.2). Este aumento está relacionado com a menor entrada de água no sistema, nomeadamente de precipitação e pela maior evaporação da água dos lagos neste período.

Também a existência da estratificação da água contribui para a heterogeneidade da sílica em profundidade. Deste modo, verifica-se uma forte assimilação da sílica na camada trofoténica, na generalidade dos lagos, que provoca uma diminuição acentuada deste composto para concentrações semelhantes às verificadas no Inverno. Contudo, os teores deste parâmetro são superiores aos verificados por Wetzel (1993), devido ao enquadramento geológico e vulcanológico contribuir para uma maior concentração desta espécie em solução.

Na Lagoa Verde das Sete Cidades, o sequestro da sílica pelas algas é dissimulado pela entrada da água da nascente localizada na margem E do lago o que permite que a concentração desta espécie seja maior à superfície do lago em relação ao *hipolimnion*. Também não se exclui a possibilidade de ocorrer uma entrada de água subterrânea na camada mais superficial de água a partir da margem NE do lago, local onde ocorre a captação de água da nascente para abastecimento público.

A distribuição heterogénea da sílica ao longo da coluna de água, em particular na época de Verão, está relacionada com a assimilação deste parâmetro na camada mais superficial dos lagos pelas diatomáceas, que se depositam a partir do *epilimnion* mais rapidamente que a reposição da sílica através do *input* das águas subterrâneas ou superficiais (Wetzel, 1993).

Como se observa na Figura 4.84, a concentração da sílica nos últimos metros de profundidade tende a aumentar, situação mais evidente nas Lagoas do Congro e das Furnas nos perfis de Verão, que apresentam concentrações *grosso modo* duas vezes superiores aos restantes lagos, no caso da Lagoa do Congro, e três vezes maiores na Lagoa das Furnas. Estes dados sugerem que no fundo destes sistemas ocorra a entrada de água a partir de fontes hidrotermais.

As nascentes hidrotermais, de uma forma geral, contêm concentrações consideráveis de sílica resultante da dissolução das rochas provocadas pelos fluidos mais ácidos de natureza vulcânica (Favara *et al.*, 1998; Albarède, 2003, White, 2005). Por outro lado, as águas frias não minerais apresentam nos Açores valores realmente elevados de SiO_2 em solução (mediana = 36,05 mg/L; Cruz e Amaral, 2004).

No caso particular da Lagoa das Furnas, a concentração da sílica tende a ser homogénea em profundidade face à boa circulação de água durante grande parte do ano. Todavia, a maioria dos perfis efectuados exibem, comparativamente aos restantes lagos, uma grande concentração desta espécie em solução com uma tendência no aumento do seu teor no *hipolimnion* e com ausência de uma distribuição heterogradea.

A recolha das amostras de água efectuada no ponto de amostragem designado como *Furnas fumarola*, localizado junto à margem Norte do lago, local onde se localiza o campo fumarólico da Lagoa das Furnas, apresenta as maiores concentrações deste parâmetro ao longo da coluna de água. Estes dados evidenciam a contaminação da água do lago, neste local, por fluidos de origem vulcânica que estão relacionados com a entrada de voláteis magmáticos como os dados da Figura 4.84 indicam, fomentando igualmente as condições para uma maior dissolução do substrato rochoso.

O escoamento à superfície de água este do lago do campo fumarólico contribuir para o aumento da sílica em solução, uma vez que a água da fumarola designada como Caldeira da Lagoa das Furnas tem uma concentração deste composto à volta dos 250 mg/L.

Neste contexto, e através da comparação da concentração da sílica nos três locais de amostragem tal torna-se bem evidente, a maior concentração da sílica na água deste lago está relacionado com a proximidade do campo hidrotermal situado a Norte deste sistema, e que a homogeneização deste composto no lago se deve às correntes de convecção induzidas pelo contributo das condições atmosféricas.

Os teores da sílica nos lagos da ilha do Pico são comparativamente inferiores às concentrações verificadas nos lagos da ilha de São Miguel (Fig. 4.85). Estas

pequenas concentrações de sílica estão relacionadas com o baixo espaço temporal que a água permanece nestes sistemas e como os dados hidrogeoquímicos demonstram, a ausência de uma contribuição de origem vulcânica favorecem a menor concentração de sílica em solução, assim como permite uma baixa mineralização da água dos lagos.

A maior concentração da amostragem efectuada na Lagoa do Peixinho poderá estar relacionada com a água da chuva que drena através dos interstícios da escória vulcânica que contorna este lago (Fig. 3.4 F), substrato rochoso poroso e muito permeável que contribui para uma maior dissolução dos minerais da rocha devido ao aumento da área superficial de contacto rocha-água. Deste modo, poderá ocorrer um contributo desta espécie a partir da drenagem da água de precipitação.

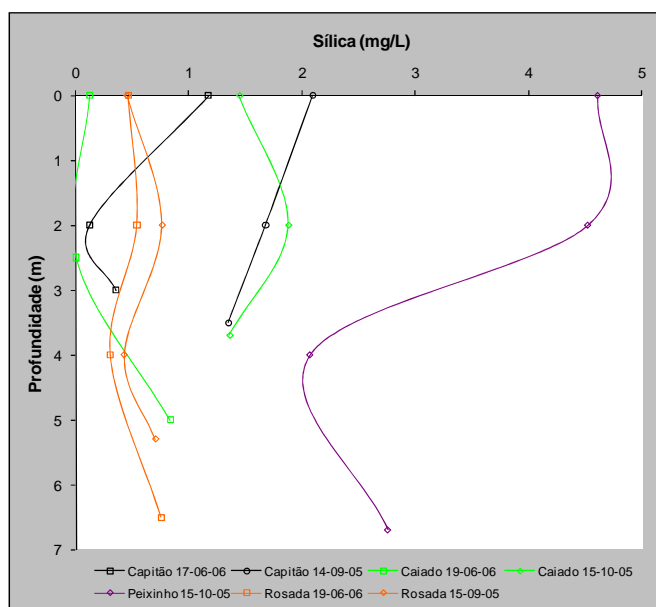


Fig. 4.85. Perfis da SiO_2 realizados nas lagoas da ilha do Pico.

Estes sistemas lacustres apresentam uma concentração da sílica em profundidade sem grandes variações, o que poderá estar relacionado com a ausência de estratificação da água como das espécies de fitoplankton que prevalecem nestes sistemas. Todavia, os dados recolhidos não são robustos de modo a que se possa compreender a pressão dos biota sobre esta espécie química.

Na ilha das Flores, de uma forma geral, os lagos estudados exibem concentrações de sílica que aumentam proporcionalmente com o volume de água que estes sistemas encerram, na época do ano mais quente (Fig. 4.86).

As lagoas Rasa e da Lomba ostentam um enquadramento semelhante ao demonstrado pelos lagos situados na ilha do Pico. Estes dois sistemas apresentam concentrações em sílica relativamente pequena e demonstram uma diminuição desta espécie na zona trofogenica do lago, indiciando uma assimilação da sílica pelo fitoplancton do lago, congruente com a distribuição heterograda da sílica no perfil efectuado na Lagoa da Lomba no mês de Setembro.

As duas amostragens efectuadas na Lagoa Comprida demonstram uma concentração da sílica em solução intermédia entre os lagos anteriores e os que encerram maiores volumes de água. Neste sistema lacustre, que apresenta um volume de água e profundidade semelhante às Lagoas Rasa e da Lomba, a maior concentração da sílica em solução poderá estar relacionada com a entrada de água das duas nascentes. Apesar do caudal destas águas minerais não ser significativo, encerra concentrações médias em sílica de 43 mg/L.

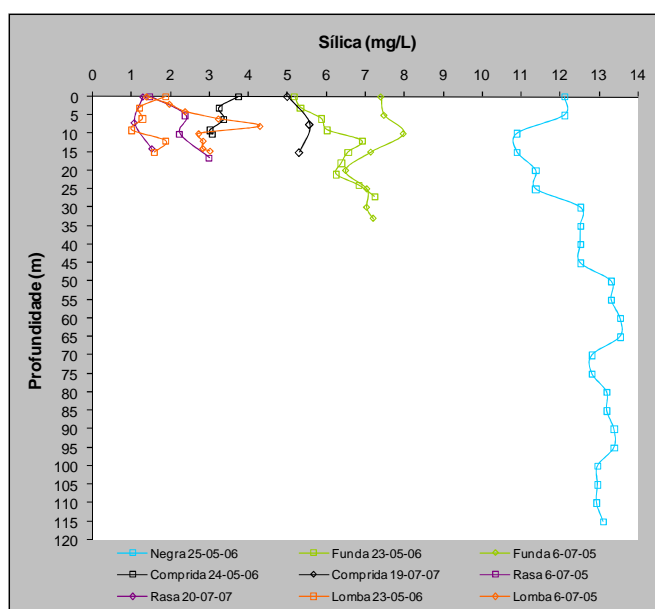


Fig. 4.86. Perfis da sílica realizados nas lagoas da ilha das Flores.

A distribuição deste composto na coluna de água, com maior concentração desta espécie na camada mais superficial do lago, evidencia a menor

concentração de fitoplankton neste sistema, como se depreende da concentração inferior de clorofila *a* (Tabela. 4.6) e pela ausência de matéria orgânica no fundo do lago, situação única nos sistemas aquáticos estudados.

As Lagoas Negra e Funda encerram uma concentração desta espécie em solução na mesma ordem de grandeza que alguns dos lagos da ilha de São Miguel.

Os dois perfis efectuados na Lagoa Funda apresentam uma distribuição heterogénea desta espécie resultante da forte assimilação da sílica pelas diatomáceas, que estão presentes em grande quantidade neste sistema, como se depreende pelos valores da análise à clorofila *a* (Tabela 4.6). Esta condição não se verifica na Lagoa Negra, situação a que não é indiferente a melhor qualidade da água deste sistema.

Da análise da Figura 4.87, os dados sugerem que na Lagoa Negra, e de uma forma menos evidente na Lagoa Funda, o processo de interacção água-rocha predomina sobre a contaminação da água do lago por sais de origem marinha a partir do acarreo atmosférico. As menores concentrações em sílica foram determinadas nos sistemas aquáticos onde a influência dos sais de origem marinha predomina sobre outros processos mineralizados e que é evidenciado pelo aumento da concentração do anião cloreto independentemente da sílica.

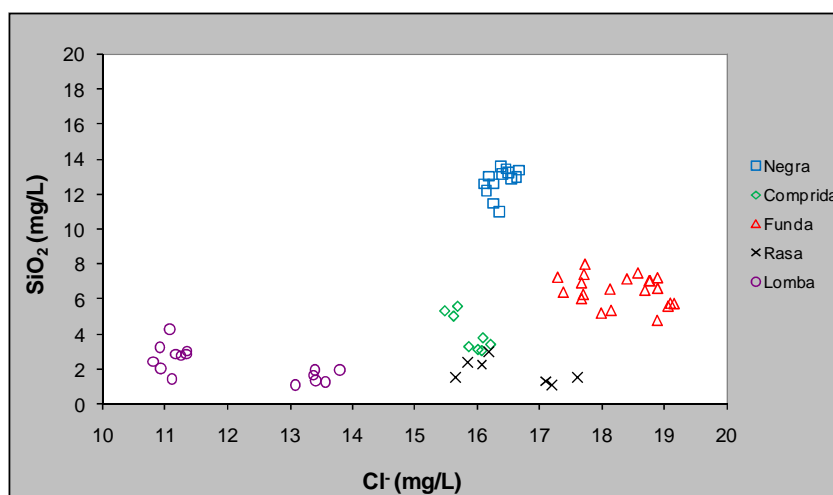


Fig. 4.87. Relação entre a concentração da sílica com o anião cloreto, nos lagos da Ilha das Flores.

É notório que as amostras de água correspondentes à Lagoa Comprida evidenciam uma tendência no aumento da concentração da sílica que não segue

a mesma tendência relativamente ao cloreto, condição que indica outros processos mineralizadores, além do contributo do acarreo atmosférico, como foi discutido anteriormente.

Relativamente à Lagoa Funda, a relação entre a sílica e o cloreto sugere que o processo mineralizador neste sistema diz respeito à dissolução do substrato rochoso. Contudo, não se exclui a entrada de sais marinhos, através da precipitação, como um contributo importante no quimismo da água do lago.

Nos lagos situados no interior das grutas lávicas registaram-se as maiores concentrações de sílica de entre todos os lagos estudados, e que reflectem as condições intrínsecas muito particulares destas duas estruturas vulcânicas (Fig. 4.88). Apesar da água dos dois sistemas apresentar concentrações deste composto muito semelhantes, os processos de mineralização são divergentes.

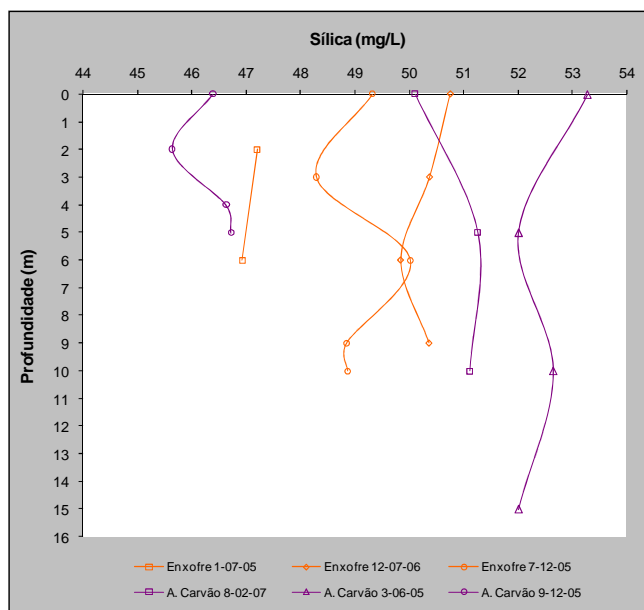


Fig. 4.88. Resultado dos perfis da sílica realizados nas lagoas das grutas vulcânicas.

As três amostragens efectuadas no lago do Algar do Carvão evidenciam um aumento da concentração consoante o aumento do volume de água do lago. Estes dados estão em consonância com os dados anteriormente discutidos e que apontam no sentido do ácido carbónico proveniente do dióxido de carbono dissolvido no solo reagir com os minerais silicatados, e que é transportado pela água de precipitação que circula através das fissuras da cobertura rochosa da

gruta, formando depósitos de sílica nas paredes da gruta e que contribui para o aumento da concentração deste composto na água do lago.

Da análise das amostras recolhidas no lago da Furna do Enxofre, a concentração da sílica é ligeiramente inferior à registada no lago anterior. Neste sistema, o estudo efectuado evidencia a contaminação da água por voláteis magmáticos responsáveis pela acidificação do sistema e consequente lixiviação da rocha basáltica em resultado do processo tamponizante que ocorre, de uma forma geral, nestes sistemas aquáticos. A maior concentração de sílica no lago resulta da dissolução dos minerais silicatados devido ao *input* vulcânico.

4.2.4. Fácies Hidrogeoquímicas

De forma a caracterizar a fácies hidrogeoquímicas da água dos lagos estudados, recorreu-se ao diagrama triangular de Piper (Piper, 1944). Para tal, utilizou-se o programa de tratamento de dados hidrogeoquímicos AquaChem

Os valores dos elementos introduzidos no programa de cálculo correspondem às amostragens efectuadas à superfície, a meio e no fundo dos lagos, e correspondem aos diferentes períodos do ano, Verão (V) e Inverno (I), para cada um dos sistemas estudados.

De uma forma geral, a água dos lagos corresponde predominantemente a fácies do tipo cloretada sódica. Um grupo menos representativo de amostras é do tipo bicarbonatada sódica, enquanto algumas águas são projectadas nos campos intermédios entre estes tipos principais (Fig. 4.89).

Os sistemas lacustres que pertencem à tipologia dominante, correspondem aos lagos da ilha do Pico, a Lagoa Azul e do Fogo, na ilha de São Miguel e as lagoas da ilha das Flores com excepção da Lagoa Negra e Funda.

O restante grupo de lagos, formado pelas Lagoas das Furnas, Verde, de Santiago e do Congro na ilha de São Miguel, da Lagoa Funda e Negra na ilha das Flores, e com excepção dos lagos localizados no interior das grutas da ilha Terceira e Graciosa, denotam uma tipologia bicarbonatada sódica. Estes lagos, que também estão sujeitos à entrada de sais de origem marinha através do acarreio atmosférico, manifestam outro tipo de controlo químico na mineralização

da água e que corresponde à dissolução dos minerais silicatados do substrato rochoso, traduzido pelo aumento da concentração do bicarbonato em solução.

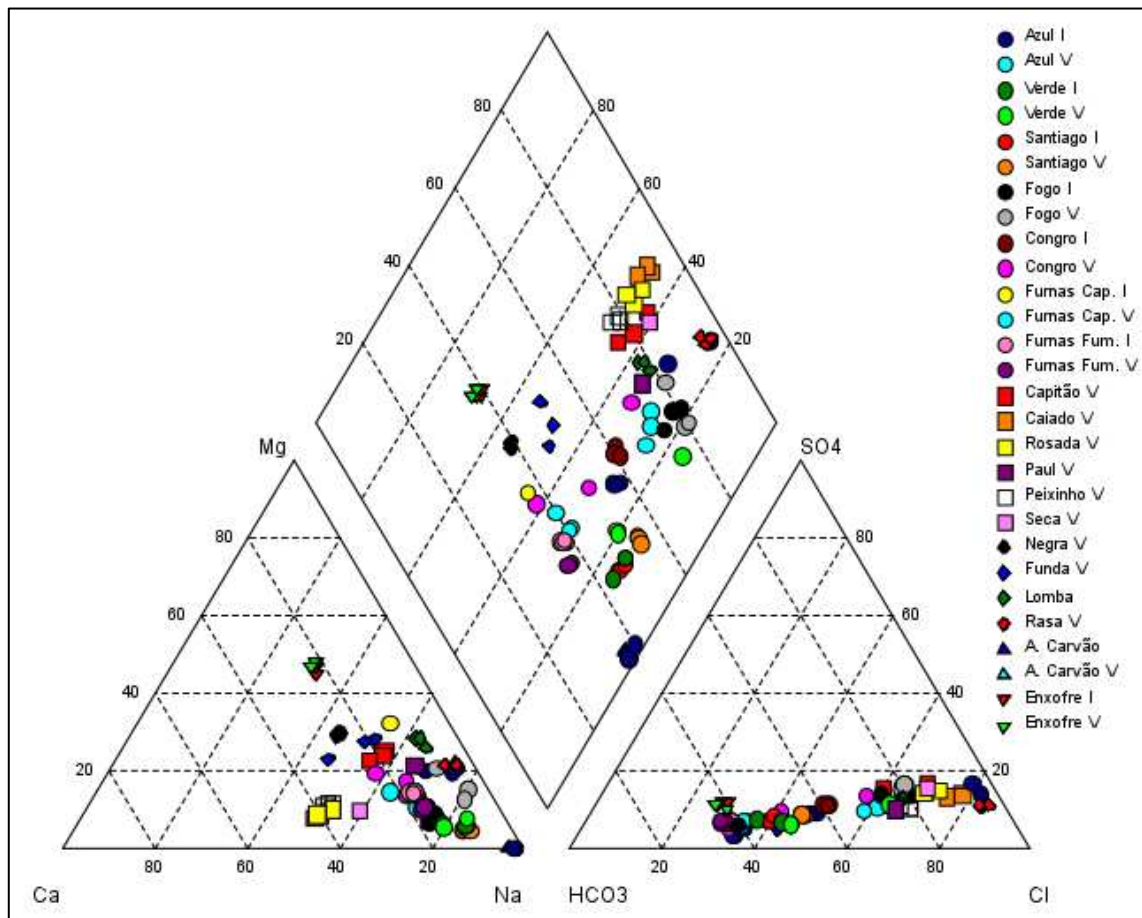


Fig. 4.89. Diagrama de Piper representativo da composição química das águas dos lagos estudados.

As amostras de água relativas à Lagoa da Fuma do Enxofre projectam-se segundo uma tipologia tendencialmente bicarbonatada magnesiana.

4.2.5. Equilíbrio Químico

4.2.5.1. Índices de saturação

A concentração das espécies químicas nos sistemas de água natural, nomeadamente nos sistemas lacustres, é controlada pelo equilíbrio termodinâmico das espécies em solução, com o substrato.

Os lagos, à semelhança de outros sistemas água-rocha, tendem no sentido de estabelecer um estado de equilíbrio químico, apesar das múltiplas variáveis que

condicionam a dinâmica das espécies em solução também contribuírem para a ocorrência de fases minerais sobressaturadas ou subsaturadas.

O cálculo do índice de saturação relativo a diferentes espécies minerais em solução permite aquilatar acerca do seu estado de equilíbrio químico. Neste contexto, foi avaliado o estado de equilíbrio químico nos lagos estudados relativamente a 14 espécies minerais. Para tal, recorreu-se ao programa WATEQ2 que procede à especiação dos elementos maiores e em traço nas águas naturais (Ball e Nordstrom, 1991).

Dos resultados obtidos a partir do modelo, poderemos depreender que, relativamente aos minerais de sílica, tendem a manter um estado de equilíbrio na generalidade dos sistemas lacustres. Os lagos investigados na ilha de São Miguel estão subsaturados em calcedónia, com excepção da Lagoa das Furnas que apresenta algumas das amostras de água em equilíbrio (Anexo I).

Em relação ao mineral de quartzo, este também evidencia uma situação semelhante à anterior, com o log (IS) das amostras da Lagoa do Fogo a serem todas ligeiramente negativas.

Na ilha do Pico, os minerais de sílica encontram-se na sua totalidade subsaturados, com as amostras de água correspondentes à Lagoa do Peixinho a mostrar um estado de equilíbrio para estes dois minerais e para o quartzo na Lagoa do Paul (Anexo II).

Na Lagoa Negra, na ilha das Flores, a fase mineral do quartzo destaca-se das restantes lagoas por estar sobre saturada (Anexo III).

Relativamente aos lagos localizados no interior das grutas lávicas, estes encontram-se sobre saturados nestas espécies minerais de sílica.

No que concerne ao mineral de sílica gel, todos os sistemas estudados encontram-se subsaturados neste mineral, com excepção das amostras dos lagos localizados na ilha Terceira e Graciosa, em que as amostras de água se projectam sobre a linha que representa o estado de equilíbrio desta espécie em solução (Anexo IV e V).

Os principais minerais carbonatados, calcite e dolomite, apresentam uma relação positiva entre o Log (IS) e o pH, como melhor se observa nos gráficos

relativos aos lagos da ilha de São Miguel devido ao maior número de amostras representadas. A um pH igual a 9,5, situação que corresponde maioritariamente às amostragens efectuadas no período do Verão, estes dois minerais em solução encontram-se num estado próximo do equilíbrio. Para os valores de pH inferiores às águas estão claramente subsaturadas relativamente aos minerais de carbonato (Anexo I).

A Lagoa do Fogo marca a excepção em relação à calcite e dolomite, encontrando-se a valores mais altos de pH claramente subsaturada em solução, em relação aos restantes lagos que a valores de pH mais elevados as amostras de água tendem para o equilíbrio. Situação semelhante ocorre na totalidade dos sistemas da ilha do Pico e do Corvo (Anexo II e IV).

Na ilha das Flores, na Lagoa Funda, local onde se registou um pH = 9,94 na amostragem de superfície no dia 6 de Julho de 2005, observa-se que estas águas com pH próximo do valor referido estão sobre saturadas, particularmente no que concerne ao mineral de dolomite (Anexo III).

Na Furna do Enxofre estas duas espécies encontram-se subsaturadas no sistema (Anexo XIII), situação semelhante para a dolomite no Lago do Algar do Carvão. Todavia, o mineral de calcite encontra-se sobre saturado neste última lagoa e sugere um comportamento independente do pH neste sistema, como se pode observar no Anexo IV.

O comportamento da água dos lagos, na sua generalidade, está subsaturado nas espécies minerais de albite e anortite (plagioclases). Não obstante, verifica-se que algumas das amostras consideradas na Lagoa das Furnas, nomeadamente a albite, tende para uma situação de equilíbrio e que na Lagoa Azul, a anortite demonstra existir uma correlação positiva entre o Log (IS) com o pH, no sentido dos maiores valores de pH tenderem para uma situação de equilíbrio químico.

O estado de equilíbrio nos lagos situados nas grutas lávicas revela uma aproximação do equilíbrio para a albite no sistema da Furna do Enxofre e uma situação de sobre saturação para as 3 amostras consideradas relativas a este mineral no Algar do Carvão. Em relação à anortite, os dois sistemas aquáticos encontram-se subsaturados.

No que concerne aos minerais de argila, caulinite e ilite, nos lagos da ilha de São Miguel, é notório, na generalidade dos sistemas, uma tendência para a sobre saturação relativamente às espécies consideradas no fundo dos sistemas, como sugerem os menores valores de pH no *hipolimnion*.

Na Lagoa das Furnas, estas espécies minerais encontram-se sobressaturadas, situação que ocorre em menor escala para a ilite nos restantes lagos.

Nos sistemas da ilha do Pico, a ilite está subsaturada nos lagos com excepção para a amostragem de superfície efectuada na Lagoa do Paul. Em relação à caulinite, todas as amostras se encontram sobressaturadas ou em equilíbrio na totalidade dos sistemas.

Na ilha das Flores, o maior número de amostras consideradas demonstra a mesma tendência verificada nos lagos da ilha de São Miguel. Contudo, na Lagoa Rasa a situação apresenta-se inversa, no sentido da sobre saturação da ilite com o aumento do pH na água. Nos restantes lagos, a valores de pH mais elevados esta espécie mineral encontra-se tendencialmente subsaturada nos sistemas lacustres. Também na generalidade dos lagos, a caulinite encontra-se sobre saturada na época do ano em que se procederam às amostragens (Anexo II).

Nos lagos localizados na Furna do Enxofre e no Algar do Carvão, estas espécies minerais de argila estão sobressaturadas e apesar dos resultados não serem robustos. Na Lagoa do Algar do Carvão, a ligeira diminuição do pH sugere um aumento do valor do Log (IS).

Todas as amostrais são subsaturadas em relação aos minerais de sulfato de cálcio considerados, anidrite e gesso, e apresentam um resultado do Log (IS) independente dos valores de pH, na totalidade dos sistemas aquáticos estudados.

Relativamente aos minerais que integram o elemento magnésio, como a brucite, magnesite e o talco, o resultado do Log (IS) destas espécies em solução correlaciona-se com o pH no sentido do equilíbrio das amostras em solução em relação ao pH. Apesar de na generalidade dos lagos estas espécies minerais se encontrarem subsaturadas, nas amostragens efectuadas no Verão à superfície da água, o talco encontra-se tendencialmente em equilíbrio químico nas lagoas de Santiago e do Congro e sobressaturado na Lagoa das Furnas, no local denominado por Capela.

Na ilha do Pico, todas as amostras se encontram subsaturadas nestes três minerais, situação que também ocorre na ilha das Flores, com excepção do talco que está sobre saturado na amostra de água com maior valor de pH e na Lagoa Funda, onde também para valores mais básicos de pH, a magnesite se encontra em equilíbrio na água.

Em relação à água dos lagos na ilha Terceira e Graciosa, ambas as espécies se encontram subsaturadas em solução, encontrando-se o talco em equilíbrio no sistema do Algar do Carvão também para os valores máximos de pH.

3.2.6. Análise Multivariada

A aplicação das técnicas de análise multivariada é uma metodologia recorrente nos estudos de hidrogeoquímica ao oferecer amplas vantagens, nomeadamente quando se trabalha com um número amplo de atributos ou de indivíduos, possibilitando na análise adicionar variáveis de diferentes tipos, tais como os parâmetros físicos ou químicos (Almeida e Silva, 1991). Sobre esta temática, na região dos Açores, já foram dadas algumas contribuições por diversos autores (Cruz, 1997; Cruz e Amaral, 2004; Cruz e França, 2008).

De modo a proceder-se à análise factorial multivariada dos resultados obtidos nos sistemas lacustres dos Açores, nomeadamente pelas técnicas de análise grupal e em conjuntos principais, construiu-se uma matriz com 248 indivíduos, que representam as amostras de água à superfície, meio e fundo nos lagos, e 16 variáveis (Tabela 4.9). Esta base de dados corresponde a diversas amostragens efectuadas nos lagos alvo do presente estudo.

Na análise da matriz utilizou-se o programa informático PRIMER (*Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research*), que permite a análise dos dados de comunidades ecológicas e das Ciências do Ambiente, bem como a análise de parâmetros físicos e químicos (Clarke e Warwick, 2001).

As Tabelas 4.10 e 4.11 contemplam a totalidade dos sistemas lacustres estudados e sobre este conjunto de variáveis e indivíduos, foram aplicadas as técnicas de análise grupal. A análise efectuada resulta num dendograma em que se diferenciam 8 grandes grupos de lagos (Fig. 4.90).

Tabela 4.10. Matriz representativa das amostragens efectuadas nos lagos estudados e submetida à análise multivariada.

	pH	Temp	Cond	O ₂	CO ₂ liv	Alc	CO ₂ tot	HCO ₃	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cl	SO ₄
Co_S_5_05	9	16	106	8	5	18	21	22	1	12	6	4	1	0	17	5
Co_M_5_05	8	14	100	7	10	16	24	20	2	12	5	4	1	0	17	6
Co_F_5_05	6	13	111	9	24	8	31	10	4	12	5	5	2	0	17	6
Fo_S_5_05	8	15	46	4	17	2	19	2	2	7	1	2	0	0	11	2
Fo_M_5_05	7	14	46	4	16	2	18	2	2	7	1	2	0	0	11	3
Fo_F_5_05	7	13	46	4	11	3	13	3	2	7	1	3	0	0	11	3
AC_S_6_05	9	12	179	4	3	45	42	55	53	36	3	1	0	0	16	5
AC_M_6_05	9	12	176	4	5	51	43	62	53	36	3	1	0	0	16	5
AC_F_6_05	9	12	176	4	4	50	40	61	52	36	3	1	0	0	16	5
Co_S_6_05	9	21	109	9	6	14	17	16	3	12	5	2	2	0	16	4
Co_M_6_05	7	15	101	3	16	14	27	16	1	12	5	2	2	0	16	4
Co_F_6_05	6	14	130	3	57	26	80	32	2	12	6	2	2	1	15	4
Fo_S_6_05	8	17	46	7	21	3	24	3	2	7	1	2	0	0	11	2
Fo_M_6_05	7	15	46	6	13	3	15	3	2	7	1	2	0	0	12	2
Fo_F_6_05	7	14	46	4	13	3	15	3	2	7	1	3	0	0	12	2
Co_S_6_05	10	20	111	9	5	3	8	4	3	12	5	2	2	0	16	4
Co_M_6_05	7	15	101	3	15	14	28	17	1	12	5	2	2	0	16	4
Co_F_6_05	7	14	115	3	32	23	52	28	2	12	6	2	2	1	15	4
Ex_S_7_05	6	15	596	7	102	195	273	238	49	23	5	28	4	0	56	33
Ex_M_7_05	6	15	592	8	220	193	390	235	47	45	5	28	4	0	57	32
Ex_F_7_05	6	15	591	7	217	181	375	220	47	45	5	28	4	0	57	32
Lom_S_7_05	8	21	55	9	1	5	5	6	1	7	0	1	2	0	11	3
Lom_M_7_05	7	17	56	7	2	5	7	6	4	7	1	1	1	0	11	3
Lom_F_7_05	6	16	58	4	6	6	11	7	3	7	0	1	2	0	11	3
Ras_S_7_05	7	22	66	7	1	2	2	2	2	9	1	1	1	0	16	3
Ras_M_7_05	7	17	66	7	1	2	2	1	2	9	0	0	1	0	16	3
Ras_F_7_05	6	17	67	3	3	2	5	2	3	9	0	0	1	0	16	3
Fun_S_7_05	10	23	148	7	1	27	25	33	7	13	2	4	4	0	18	3
Fun_M_7_05	8	15	130	7	3	28	28	34	7	13	2	8	4	0	18	3
Fun_F_7_05	7	14	123	3	7	33	36	40	7	13	2	4	4	0	19	3
Com_S_7_05	8	20	77	11	1	12	11	15	3	11	1	4	2	0	14	3
Com_M_7_05	7	16	79	10	2	10	11	12	5	12	1	4	2	0	14	3
Com_F_7_05	7	16	81	10	3	12	13	15	6	10	1	2	2	0	15	3
Ve_S_7_05	10	23	139	9	15	23	35	27	4	21	2	3	1	0	14	3
Ve_M_7_05	8	17	125	5	19	9	27	11	4	21	2	2	1	0	16	4
Ve_F_7_05	7	15	139	2	34	25	56	31	2	21	2	3	1	0	16	3
Az_S_7_05	9	22	111	9	2	12	12	14	2	15	2	3	1	0	15	4
Az_M_7_05	7	19	100	5	14	10	22	12	5	14	3	3	1	0	15	3
Az_F_7_05	7	17	103	3	18	9	26	11	3	15	3	3	1	0	15	4
FuC_S_7_05	9	22	139	9	23	32	51	39	5	18	7	4	2	0	13	4
FuC_M_7_05	8	21	139	7	20	31	47	38	4	18	7	4	2	0	13	4
FuC_F_7_05	7	20	149	3	49	32	77	39	6	18	7	5	2	0	13	3
FuP_S_7_05	8	22	134	8	13	32	41	38	3	18	7	4	2	0	13	4
FuP_M_7_05	8	21	139	7	18	32	46	39	4	18	7	4	2	0	13	4
FuP_F_7_05	7	19	146	3	43	32	71	38	6	18	7	6	2	0	13	3
FuF_S_7_05	7	22	139	8	15	32	43	38	4	18	7	4	2	0	13	4
FuF_M_7_05	8	21	134	7	20	31	47	37	5	18	7	4	2	0	13	4
FuF_F_7_05	7	20	148	3	51	30	77	36	6	18	7	7	2	0	15	4
Sa_S_7_05	9	22	124	8	12	20	29	24	1	19	2	2	1	0	14	4
Sa_M_7_05	7	15	122	5	23	21	41	25	5	20	2	2	1	0	15	4
Sa_F_7_05	7	14	131	3	31	20	49	24	0	23	2	3	1	0	15	4
Co_S_7_05	9	22	106	9	9	17	19	20	0	13	5	4	1	0	13	4
Co_M_7_05	7	16	99	3	21	12	31	14	1	13	5	3	2	0	13	4
Co_F_7_05	7	14	119	3	39	23	59	27	3	12	5	4	2	0	13	3
Cap_S_9_05	8	15	5	7	2	3	5	4	2	5	1	3	1	0	8	3
Cap_M_9_05	7	20	5	7	2	2	4	2	2	4	1	3	0	0	7	2
Cap_F_9_05	6	20	5	7	10	2	12	2	1	4	1	3	0	0	7	2
Sec_S_9_05	8	21	4	7	1	2	1	2	1	4	0	2	0	0	7	2
Cai_S_9_05	7	20	2	7	2	2	3	2	1	4	0	3	0	0	7	2
Cai_M_9_05	6	20	2	6	1	1	2	1	2	4	0	3	0	0	7	2
Cai_F_9_05	6	19	2	6	3	1	3	1	1	4	0	2	0	0	7	2
Pau_S_9_05	7	21	6	6	4	2	4	2	2	5	1	3	0	0	7	2
Pei_S_9_05	9	20	8	8	1	3	4	4	5	5	1	3	1	0	7	1
Pei_M_9_05	7	19	7	7	1	3	4	4	2	4	1	3	1	0	7	1
Pei_F_9_05	7	19	9	6	3	4	6	4	3	4	1	3	1	0	7	2
Ros_S_9_05	8	20	7	7	1	2	3	2	0	4	0	3	0	0	6	2
Ros_M_9_05	7	19	8	6	1	2	3	2	1	4	0	2	0	0	6	2
Ros_F_9_05	7	18	11	5	3	2	5	2	1	4	0	2	0	0	6	2
Co_S_9_05	9	23	80	7	10	19	30	23	2	12	5	4	2	0	17	5
Co_M_9_05	8	16	97	2	10	19	27	23	2	11	5	3	2	0	16	5
Co_F_9_05	6	15	122	2	32	40	67	49	2	12	5	5	2	1	16	5
Fo_S_9_05	7	21	14	7	2	5	6	5	0	6	1	1	0	0	12	3
Fo_M_9_05	7	20	45	7	3	5	7	5	0	6	1	1	0	0	11	3

Tabela 4.11. Continuação da matriz representativa das amostragens efectuadas nos lagos estudados e submetida à análise multivariada.

	pH	Temp	Cond	O ₂	CO ₂ liv	Alc	CO ₂ tot	HCO ₃	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cl	SO ₄
Co_S_5_05	9	16	106	8	5	18	21	22	1	12	6	4	1	0	17	5
Co_M_5_05	8	14	100	7	10	16	24	20	2	12	5	4	1	0	17	6
Co_F_5_05	6	13	111	9	24	8	31	10	4	12	5	5	2	0	17	6
Fo_S_5_05	8	15	46	4	17	2	19	2	2	7	1	2	0	0	11	2
Fo_M_5_05	7	14	46	4	16	2	18	2	2	7	1	2	0	0	11	3
Fo_F_5_05	7	13	46	4	11	3	13	3	2	7	1	3	0	0	11	3
AC_S_6_05	9	12	179	4	3	45	42	55	53	36	3	1	0	0	16	5
AC_M_6_05	9	12	176	4	5	51	43	62	53	36	3	1	0	0	16	5
AC_F_6_05	9	12	176	4	4	50	40	61	52	36	3	1	0	0	16	5
Co_S_6_05	9	21	109	9	6	14	17	16	3	12	5	2	2	0	16	4
Co_M_6_05	7	15	101	3	16	14	27	16	1	12	5	2	2	0	16	4
Co_F_6_05	6	14	130	3	57	26	80	32	2	12	6	2	2	1	15	4
Fo_S_6_05	8	17	46	7	21	3	24	3	2	7	1	2	0	0	11	2
Fo_M_6_05	7	15	46	6	13	3	15	3	2	7	1	2	0	0	12	2
Fo_F_6_05	7	14	46	4	13	3	15	3	2	7	1	3	0	0	12	2
Co_S_6_05	10	20	111	9	5	3	8	4	3	12	5	2	2	0	16	4
Co_M_6_05	7	15	101	3	15	14	28	17	1	12	5	2	2	0	16	4
Co_F_6_05	7	14	115	3	32	23	52	28	2	12	6	2	2	1	15	4
Ex_S_7_05	6	15	596	7	102	195	273	238	49	23	5	28	4	0	56	33
Ex_M_7_05	6	15	592	8	220	193	390	235	47	45	5	28	4	0	57	32
Ex_F_7_05	6	15	591	7	217	181	375	220	47	45	5	28	4	0	57	32
Lom_S_7_05	8	21	55	9	1	5	5	6	1	7	0	1	2	0	11	3
Lom_M_7_05	7	17	56	7	2	5	7	6	4	7	1	1	1	0	11	3
Lom_F_7_05	6	16	58	4	6	6	11	7	3	7	0	1	2	0	11	3
Ras_S_7_05	7	22	66	7	1	2	2	2	2	9	1	1	1	0	16	3
Ras_M_7_05	7	17	66	7	1	2	2	1	2	9	0	0	1	0	16	3
Ras_F_7_05	6	17	67	3	3	2	5	2	3	9	0	0	1	0	16	3
Fun_S_7_05	10	23	148	7	1	27	25	33	7	13	2	4	4	0	18	3
Fun_M_7_05	8	15	130	7	3	28	28	34	7	13	2	8	4	0	18	3
Fun_F_7_05	7	14	123	3	7	33	36	40	7	13	2	4	4	0	19	3
Com_S_7_05	8	20	77	11	1	12	11	15	3	11	1	4	2	0	14	3
Com_M_7_05	7	16	79	10	2	10	11	12	5	12	1	4	2	0	14	3
Com_F_7_05	7	16	81	10	3	12	13	15	6	10	1	2	2	0	15	3
Ve_S_7_05	10	23	139	9	15	23	35	27	4	21	2	3	1	0	14	3
Ve_M_7_05	8	17	125	5	19	9	27	11	4	21	2	2	1	0	16	4
Ve_F_7_05	7	15	139	2	34	25	56	31	2	21	2	3	1	0	16	3
Az_S_7_05	9	22	111	9	2	12	12	14	2	15	2	3	1	0	15	4
Az_M_7_05	7	19	100	5	14	10	22	12	5	14	3	3	1	0	15	3
Az_F_7_05	7	17	103	3	18	9	26	11	3	15	3	3	1	0	15	4
FuC_S_7_05	9	22	139	9	23	32	51	39	5	18	7	4	2	0	13	4
FuC_M_7_05	8	21	139	7	20	31	47	38	4	18	7	4	2	0	13	4
FuC_F_7_05	7	20	149	3	49	32	77	39	6	18	7	5	2	0	13	3
FuP_S_7_05	8	22	134	8	13	32	41	38	3	18	7	4	2	0	13	4
FuP_M_7_05	8	21	139	7	18	32	46	39	4	18	7	4	2	0	13	4
FuP_F_7_05	7	19	146	3	43	32	71	38	6	18	7	6	2	0	13	3
FuF_S_7_05	7	22	139	8	15	32	43	38	4	18	7	4	2	0	13	4
FuF_M_7_05	8	21	134	7	20	31	47	37	5	18	7	4	2	0	13	4
FuF_F_7_05	7	20	148	3	51	30	77	36	6	18	7	7	2	0	15	4
Sa_S_7_05	9	22	124	8	12	20	29	24	1	19	2	2	1	0	14	4
Sa_M_7_05	7	15	122	5	23	21	41	25	5	20	2	2	1	0	15	4
Sa_F_7_05	7	14	131	3	31	20	49	24	0	23	2	3	1	0	15	4
Co_S_7_05	9	22	106	9	9	17	19	20	0	13	5	4	1	0	13	4
Co_M_7_05	7	16	99	3	21	12	31	14	1	13	5	3	2	0	13	4
Co_F_7_05	7	14	119	3	39	23	59	27	3	12	5	4	2	0	13	3
Cap_S_9_05	8	15	5	7	2	3	5	4	2	5	1	3	1	0	8	3
Cap_M_9_05	7	20	5	7	2	2	4	2	2	4	1	3	0	0	7	2
Cap_F_9_05	6	20	5	7	10	2	12	2	1	4	1	3	0	0	7	2
Sec_S_9_05	8	21	4	7	1	2	1	2	1	4	0	2	0	0	7	2
Cai_S_9_05	7	20	2	7	2	2	3	2	1	4	0	3	0	0	7	2
Cai_M_9_05	6	20	2	6	1	1	2	1	2	4	0	3	0	0	7	2
Cai_F_9_05	6	19	2	6	3	1	3	1	1	4	0	2	0	0	7	2
Pau_S_9_05	7	21	6	6	4	2	4	2	2	5	1	3	0	0	7	2
Pei_S_9_05	9	20	8	8	1	3	4	4	5	5	1	3	1	0	7	1
Pei_M_9_05	7	19	7	7	1	3	4	4	2	4	1	3	1	0	7	1
Pei_F_9_05	7	19	9	6	3	4	6	4	3	4	1	3	1	0	7	2
Ros_S_9_05	8	20	7	7	1	2	3	2	0	4	0	3	0	0	6	2
Ros_M_9_05	7	19	8	6	1	2	3	2	1	4	0	2	0	0	6	2
Ros_F_9_05	7	18	11	5	3	2	5	2	1	4	0	2	0	0	6	2
Co_S_9_05	9	23	80	7	10	19	30	23	2	12	5	4	2	0	17	5
Co_M_9_05	8	16	97	2	10	19	27	23	2	11	5	3	2	0	16	5
Co_F_9_05	6	15	122	2	32	40	67	49	2	12	5	5	2	1	16	5
Fo_S_9_05	7	21	14	7	2	5	6	5	0	6	1	1	0	0	12	3
Fo_M_9_05	7	20	45	7	3	5	7	5	0	6	1	1	0	0	11	3

Análise Grupal

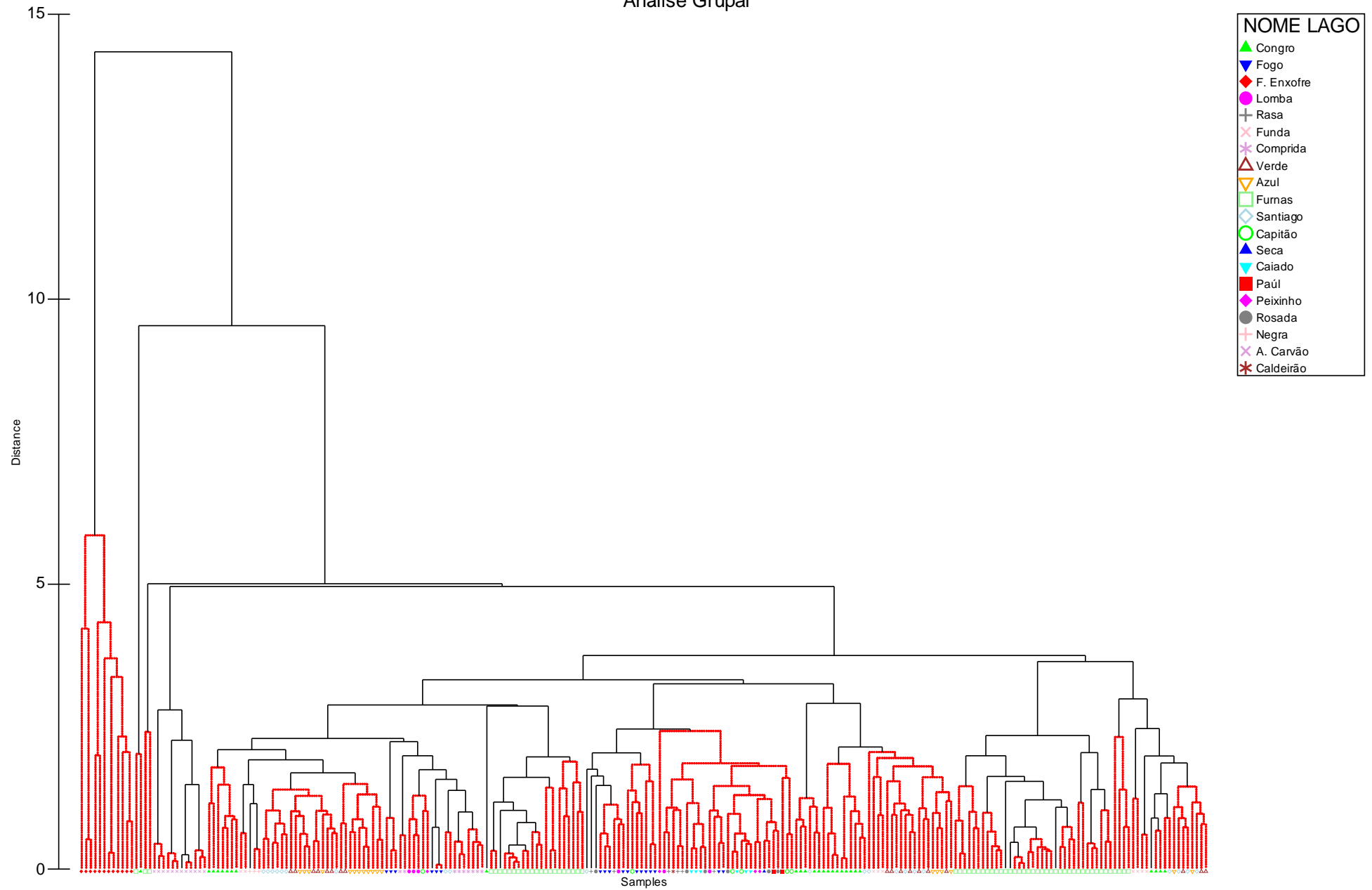


Fig. 4.90. Dendrograma resultante da análise das amostras de água representativas da superfície, meio e fundo, da coluna de água nos lagos estudados.

Do resultado da análise grupal é notória a fraca relação entre o primeiro grupo de amostras, que correspondem à água da Lagoa da Fumaça do Enxofre, com os restantes conjuntos. Numa análise mais detalhada, a similaridade mais próxima, entre as amostras da água, agrupa amostras correspondentes ao mesmo lago, como os conjuntos constituídos pelos espécimes correspondentes à Lagoa do Carvão e das Furnas.

Existem outros grupos de lagos, não com um nível de similaridade tão próximo, mas que agrupam a água dos sistemas lacustres que sugerem diferentes processos mineralizadores, como foi discutido anteriormente.

Observa-se que existem grupos de lagos repetidos, como é o caso da Lagoa Verde, Azul, de Santiago, do Congro, das Furnas, da lagoa do Fogo, mas que agregam amostras de água recolhidas em estações do ano diversa como correspondem a água mais superficiais, contra outros grupos de água do fundo. Este resultado sugere que a diferença sazonal dos parâmetros físicos e químicos, como a existência de estratificação da água de origem térmica, contribui para a separação das amostras de água de um mesmo lago.

Relativamente ao dendograma que agrupa as variáveis estudadas nos sistemas aquáticos, é notória a boa similaridade que existe entre alguns iões maiores (Fig. 4.91). O dióxido de carbono livre está mais próximo da sílica e do grupo de espécies $\text{Ca-SO}_4\text{-K-Mg-F-Fe-Al}$, o que potencia a hidrólise de minerais silicatados.

A análise grupal evidencia a boa correspondência entre o pH e o oxigénio dissolvido na água. Esta similaridade pode explicar-se devido aos processos fotossintéticos na camada mais superficial dos lagos mais produtivos, associada ao aumento do pH, e à depleção do oxigénio em profundidade, acompanhada com a diminuição do valor de pH.

O conjunto formado pelos elementos sódio e cloreto, que apresenta uma relação mais próxima com o conjunto anterior e se distancia das restantes espécies, permite extrapolar que estes elementos entram nos sistemas lacustres essencialmente através da contaminação de sais de origem marinha devido ao transporte atmosférico.

O dióxido de carbono total em solução é controlado pelo bicarbonato, como sugere a respectiva similaridade. A relação entre a alcalinidade e o bicarbonato pode ser explicada devido à concentração desta espécie ser obtida por cálculo a partir da alcalinidade.

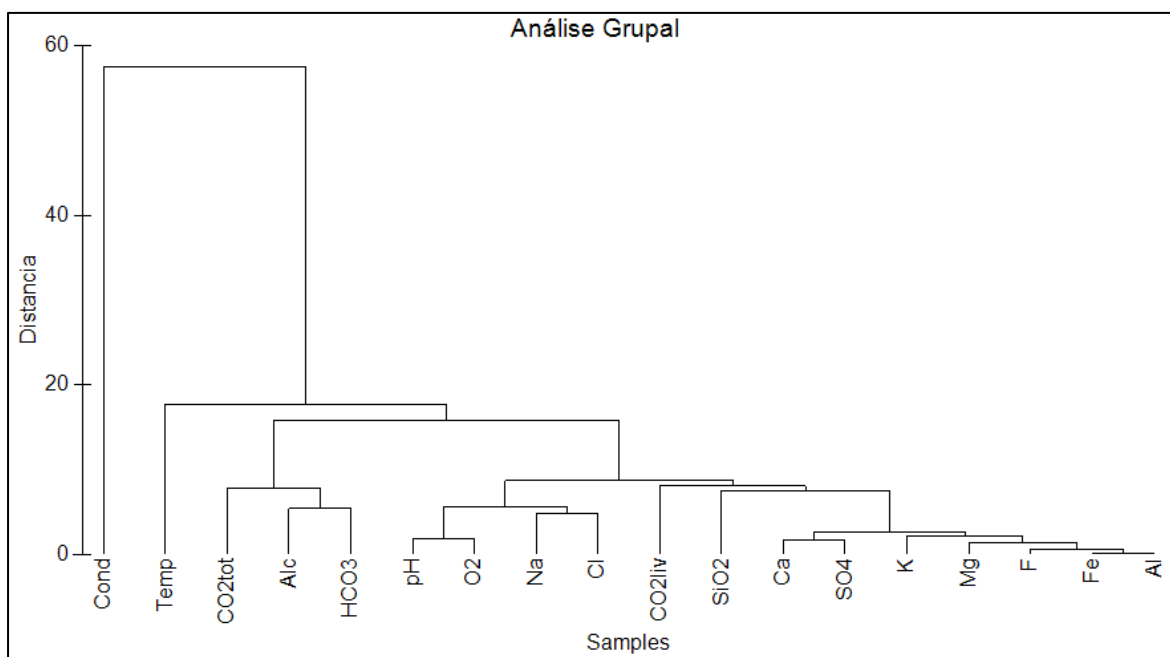


Fig. 4.91. Dendrograma relativo à similaridade entre os parâmetros físicos e químicos nas amostras de água.

A temperatura tem uma menor similaridade com os parâmetros considerados devido às amostras analisadas corresponderem a águas frias. Por sua vez, a condutividade depende, de uma forma geral, dos parâmetros analisados, nomeadamente, das espécies iónicas.

No que concerne à análise em componentes principais, na figura 4.92 é possível visualizar que, devido à presença das amostras de água do Lago da Furna do Enxofre, os restantes sistemas lacustres formam um grande conjunto, devido à grande concentração do dióxido de carbono, do bicarbonato e da alcalinidade, factores com maior peso na separação das amostras (Anexo VI). Este resultado demonstra que a interacção de fluidos de origem vulcânica diferencia o sistema dos restantes.

De modo a possibilitar uma análise mais aprofundada deste resultado, fez-se uma simulação com os dados da Tabelas 4.9 e 4.10, excluindo as linhas

respeitantes às amostras de água da Furna do Enxofre, com o propósito de melhor determinar os parâmetros com maior peso que mais contribuem na diferenciação das características hidrogeoquímicas de cada lago.

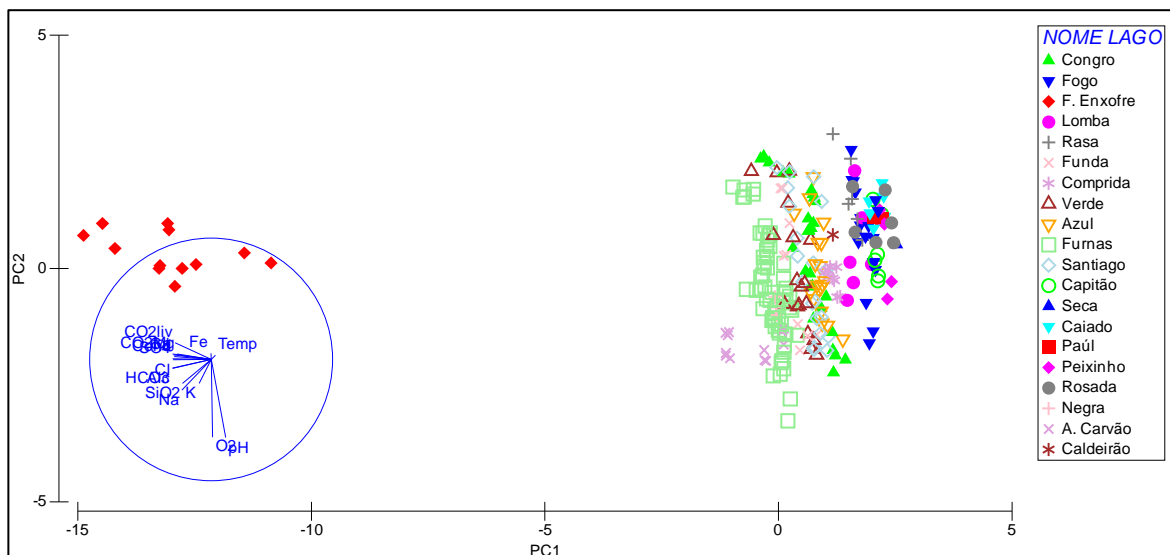


Fig. 4.92. Histograma relativo às componentes principais na distribuição das amostras dos lagos dos Açores.

Como se observa na figura 4.93, as amostras de água formam três grupos relativamente bem individualizados. O catião potássio é o elemento com maior peso, seguido do catião sódio e da sílica na projecção das amostras de água em relação ao eixo PC1 (Anexo VII). Estes dados sugerem que o grupo de amostras de água correspondentes à Lagoa das Furnas e do Algar do Carvão e os processos mineralizados que comandam o quimismo destes sistemas correspondem à dissolução da rocha. Contudo, a maior contribuição do potássio integrado neste processo mineralizador é de difícil explicação, sugerindo-se que a sua importância no quimismo dos sistemas poderá estar relacionado com a poluição agrícola, nomeadamente pela aplicação de fertilizantes. No Plano Regional da Água a aplicação de fertilizantes compostos de P-K e de N-P-K é igual, respectivamente a 352 Kg/ha da superfície agrícola utilizada (SAU) e 707 Kg/ha SAU (DROTRH-INAG, 2001) e a sobredosagem resultante da aplicação excessiva destes compostos pode propiciar uma maior mobilidade do K e a sua entrada nos sistemas.

No extremo oposto, as amostras de água que pertencem às lagoas da ilha do Pico, à Lagoa da Lomba, Rasa e Comprida na ilha das Flores, do Caldeirão, ilha do Corvo e à Lagoa do Fogo na ilha de São Miguel, formam um conjunto que encerram as água tendencialmente menos mineralizadas e como os dados discutidos até ao momento sugerem, o mecanismo de controlo do quimismo nestes sistemas está relacionado com a contaminação de sais de origem marinha provenientes do acarreo atmosférico.

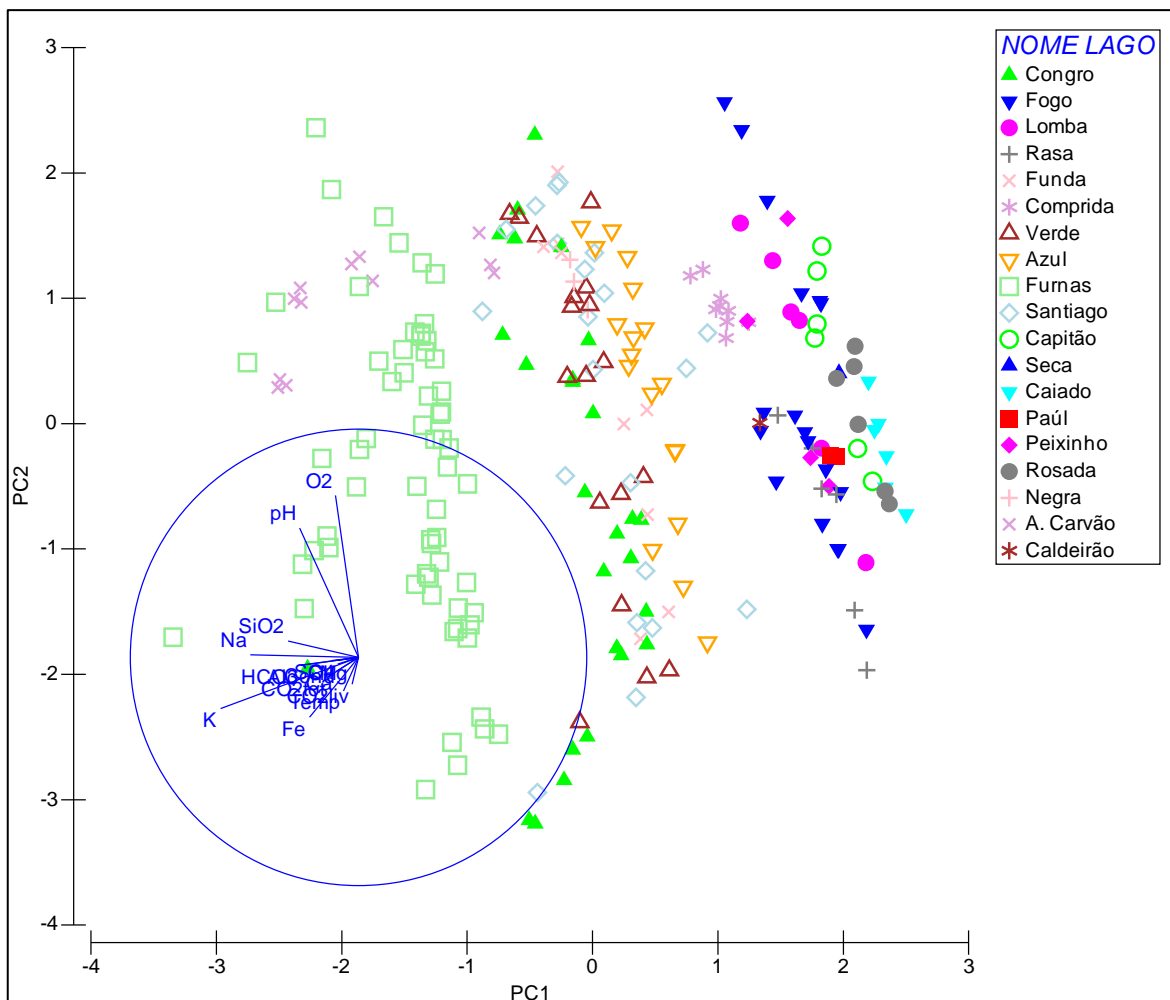


Fig. 4.93. Histograma relativo às componentes principais na distribuição das amostras dos lagos dos Açores sem a presença das amostras da Lagoa da Fumaça do Enxofre.

O terceiro grupo de amostras constituído pelas amostras dos lagos de maior dimensão, Lagoa Verde, Azul, de Santiago e do Congro (São Miguel), Funda e Negra (Flores), os dados sugerem que não existe um processo mineralizador único, mas que estão sob influência química do transporte de sais de origem

marinha, assim como da lixiviação da água dos lagos que corresponde aos lagos de maior dimensão.

No extremo oposto, encontram-se as amostras de água que correspondem às lagoas da ilha do Pico, à Lagoa do Fogo (São Miguel), à Lagoa Rasa, da Lomba e Comprida (Flores) e do Caldeirão (Corvo). Estes lagos evidenciam a influência dos sais de origem marinha nos processos de contaminação da água dos lagos.

O resultado da análise da componente principal sugere que o grupo de amostras de água que se situa na zona intermédia do gráfico poderá ter um contributo significativo no controlo do quimismo da água dos lagos a partir da interacção da mesma com o substrato rochoso, assim como a partir do acarreo de sais de origem marinha devido à precipitação.

No eixo PC2 é notória a importância do oxigénio e do pH na disposição vertical das amostras. Os resultados do PCA sugerem que as amostras de água que apresentam valores positivos para o PC2 correspondem às recolhas efectuadas mais à superfície. Os maiores valores de pH e do O_2 , parâmetros com peso mais elevado no PC2, verificam-se à superfície da água dos lagos e estão relacionados com a eutrofização que se verifica na maioria dos sistemas. Assim, a maior produção fotossintética verificada promove o incremento do pH, como as trocas gasosas ar-água contribuem para os maiores valores de oxigénio dissolvido no *epilimnion*.

4.2.7. Isótopos Ambientais

A análise de isótopos ambientais tem contribuído, nas últimas décadas, para complementar estudos e melhor compreender fenómenos na área da geoquímica e da hidrologia. Porém, de todos os elementos presentes nos sistemas hidrogeoquímicos, apenas alguns têm especial interesse nesta área de estudo. Os isótopos ambientais são elementos isotópicos que ocorrem naturalmente e em abundância no ambiente. Os principais elementos dos sistemas hidrológicos, geológicos e biológicos são o H, C, N, O e o S (Tabela 4.12). Os isótopos mais estáveis destes elementos são comumente utilizados como traçadores no ciclo da água, do carbono e de nutrientes. (Clark e Fritz, 1997).

Estes elementos podem ser divididos em dois tipos fundamentais, nomeadamente os isótopos estáveis e os isótopos instáveis (radioactivos).

Existem cerca de 300 isótopos estáveis e mais de 1200 instáveis conhecidos até ao momento (Hoefs, 2004).

A análise isotópica, utilizando os elementos estáveis como traçadores quando aplicada no âmbito da hidrogeologia, permite a determinação do tempo de residência da água num sistema e indica os possíveis processos de mistura, através do decaimento isotópico (Rozanski, *et al.*, 2001).

Tabela 4.12. Isótopos ambientais comumente empregues nos estudos biogeoquímicos e hidrológicos (adaptado de Mook, 2000).

Elemento	Isótopo	Abundância média (%)	Estabilidade
Hidrogénio	^1H	0,99985	estável
	^2H	0,015	estável
	^3H	$< 10^{-17}$	radioactivo
Carbono	^{12}C	0,989	estável
	^{13}C	0,011	estável
	^{14}C	$< 10^{-12}$	radioactivo
Azoto	^{14}N	99,63	estável
	^{15}N	0,37	estável
Oxigénio	^{16}O	0,9976	estável
	^{17}O	0,00038	estável
	^{18}O	0,00205	estável
Sulfato	^{32}S	95,02	estável
	^{33}S	0,75	estável
	^{34}S	4,21	estável
	^{35}S	0,02	estável

As análises isotópicas ambientais efectuadas em alguns dos lagos estudados visam complementar a investigação hidrogeoquímica da presente dissertação. Deste modo, efectuaram-se análises aos isótopos de deutério, de oxigénio-18, de carbono-13 e de sulfato-34, num total de 13 amostras de água, sendo 8 destas amostras correspondentes aos 6 lagos estudados na ilha de São Miguel, aos quais se acrescentam os dois lagos localizados no interior das grutas lávicas. As restantes cinco amostras de água correspondem a águas termais recolhidas no complexo vulcânico do Fogo (nascente da Caldeira Velha) e no interior da caldeira das Furnas (nascente do Torno, das Quenturas, Azeda e do Caldeirão). A análise destas amostras teve como objectivo estabelecer uma comparação destes elementos nas águas dos lagos com o das águas termais que se encontram sob influência de fluidos vulcânicos.

As análises foram efectuadas no *Stable Isotope Laboratory - Institute of Mineralgy and Geochemistry* da Universidade de Lausanne (Suiça).

Os isótopos seleccionados permitem estabelecer uma relação mais precisa da contaminação dos sistemas lacustres por fluidos de origem magmática.

A relação dos isótopos estáveis $^{18}\text{O}/^2\text{H}$ é vulgarmente utilizada por formarem a molécula de água. Estes dois elementos são bons traçadores na determinação do movimento da água no solo, assim como nos processos de fraccionamento a que estão sujeitos na natureza. O fraccionamento natural destas duas espécies ocorre particularmente através dos processos de evaporação, de condensação, mistura de águas, reacções de equilíbrio água-rocha e do enriquecimento em CO_2 e H_2S (Custódio e Llamas, 1983).

A relação entre os isótopos de oxigénio e deutério, quando aplicados nos sistemas de água aberta que estão, permanentemente, sujeitos às condições atmosféricas, permite classificá-los como bons traçadores no estudo da dinâmica da água, nomeadamente na quantificação dos balanços hídricos e na determinação da interacção destes sistemas com a água subterrânea (Rozanski, 2001).

O resultado da composição destes isótopos numa água é expresso em função do desvio que apresenta em relação à linha padrão designada por *Standard Mean Ocean Water* (SMOW), segundo a fórmula:

$$\delta = \frac{A_{\text{amostra}} - A_{\text{SMOW}}}{A_{\text{SMOW}}}$$

Quando os resultados da análise isotópica de uma água são pouco negativos ou mesmo positivos, esta água é designada como pesada devido ao enriquecimento do ^2H e do ^{18}O . Por sua vez, se os valores forem muito negativos, a composição isotópica é ligeira e corresponde a águas com baixo índice de evaporação (Clark e Fritz, 1997; Rozanski, 2001).

O teor destes isótopos no ambiente é grande e, de uma forma geral, é controlado pelo número de fases de condensação que originam a precipitação e pelas subsequentes condições ambientais de evaporação (Fontes, 1980). A

variação natural do ^2H é na ordem dos 400‰ e cerca de 40‰ no caso do ^{18}O (Custódio e Llamas, 1983).

As amostras de água recolhidas nos lagos para análise isotópica correspondem na totalidade a águas do fundo das lagoas e de algumas das nascentes próximas da Lagoa do Fogo e das Furnas, estando os resultados expressos na Tabela 4.13. Também se compilaram diversos resultados isotópicos correspondentes a diferentes tipos de água dos Açores que serviram para estabelecer uma comparação destes elementos nos lagos.

Tabela 4.13. Resultados das análises isotópicas efectuadas nos lagos e nascentes termais de São Miguel, da Terceira e da Graciosa (dados d (1) Cruz e França, 2006; (2) Carvalho, 1999; Cruz *et al.*, 1999; (4) Cruz, 1997; (5) Coutinho, 2000; (6) Cruz 1992; (7) Demande *et al.*, 1982).

Nº	Tipo	Localização	Ilha	d18O	d2H	Referência	Nº	Tipo	Localização	Ilha	d18O	d2H	Referência
1	Lago	Furna Enxofre	Graciosa	-3.88	-18.22		44	Nascente	Grutinha II	São Miguel	-3.06	-13.50	3
2	Lago	Furna Enxofre	Graciosa	-3.85	-17.38		45	Furo	Silveira	Pico	-4.60	-21.40	4
3	Lago	Algar Carvão	Terceira	-4.33	-19.55		46	Nascente	Lopo I	Faial	-4.25	-23.00	5
4	Lago	Algar Carvão	Terceira	-4.25	-19.58		47	Furo	Castelo Branco	Faial	-3.92	-22.50	5
5	Lago	Furnas	São Miguel	-2.91	-12.74		48	Furo	Campo	Faial	-3.75	-23.00	5
6	Lago	Furnas	São Miguel	-2.85	-12.97		49	Furo	Lameiro Grande	Faial	-3.96	-25.30	5
7	Lago	Congro	São Miguel	-2.96	-13.81		50	Furo	Areias	Faial	-4.10	-17.30	5
8	Lago	Congro	São Miguel	-2.90	-13.52		51	Furo	Farrobo	Faial	-3.82	-23.00	5
9	Lago	Verde	São Miguel	-0.92	-2.66		52	Furo	Capelo	Faial	-3.13	-19.70	5
10	Lago	Verde	São Miguel	-0.87	-2.77		53	Furo	Cedros	Faial	-4.12	-23.00	5
11	Lago	Azul	São Miguel	-1.70	-7.10		54	Furo	Joana Alves	Faial	-4.23	-25.70	5
12	Lago	Azul	São Miguel	-1.69	-7.25		55	Furo	Chão Frio	Faial	-3.72	-25.00	5
13	Lago	Santiago	São Miguel	-2.46	-11.22		56	Furo	Capitão	Faial	-3.81	-19.20	5
14	Lago	Santiago	São Miguel	-2.48	-11.34		57	Nascente	Águas Claras 3	Faial	-3.83	-21.40	5
15	Lago	Fogo	São Miguel	-2.68	-11.85		58	Nascente	Termas Varadouro	Faial	-3.87	-19.00	5
16	Lago	Fogo	São Miguel	-2.58	-10.92		59	Nascente	Água Rib. Corte	Faial	-3.18	-19.70	5
17	Nascente	Caldeira Velha	São Miguel	-4.12	-16.84		60	Nascente	Fajã	Faial	-3.45	-17.50	5
18	Nascente	Caldeira Velha	São Miguel	-4.09	-16.78		61	Nascente	Areias	Faial	-3.80	-16.60	5
19	Nascente	Tomo	São Miguel	-3.26	-13.73		62	Nascente	Grota Calçada	S. Maria	-3.64	-18.00	6
20	Nascente	Tomo	São Miguel	-3.28	-14.15		63	Nascente	Fonte Clara	S. Maria	-3.85	-18.70	6
21	Nascente	Quenturas	São Miguel	-3.48	-15.36		64	Furo	São José	S. Maria	-3.51	-17.80	6
22	Nascente	Quenturas	São Miguel	-3.51	-15.43		65	Nascente	Grota Meirinho	S. Maria	-3.79	-22.20	6
23	Nascente	Caldeirão	São Miguel	-3.31	-14.47		66	Nascente	Junqueiro	S. Maria	-3.87	-20.20	6
24	Fumarola	Caldeirão	São Miguel	-3.23	-14.85		67	Furo		Pico	-4.10	-20.40	4
25	Nascente	Azeda Rebentão	São Miguel	-4.19	-17.71		68	Furo		Pico	-4.44	-24.80	4
26	Nascente	Azeda Rebentão	São Miguel	-4.19	-17.64		69	Furo		Pico	-4.77	-25.60	4
27	Mar	Mar		-0.17	0.40	4	70	Furo		Pico	-4.24	-24.30	4
28	Nascente	Ferraria	São Miguel	-0.36	-3.90	1	71	Furo		Pico	-3.95	-22.60	4
29	Nascente	Lombadas	São Miguel	-3.90	-21.10	2	72	Furo		Pico	-3.80	-18.30	4
30	Nascente	Calde. Velha	São Miguel	-3.96	-21.10	2	73	Furo		Pico	-3.60	-18.30	4
31	Nascente	C.R.G. Férrica	São Miguel	-3.82	-17.40	1	74	Furo		Pico	-4.50	-29.00	4
32	Nascente	L.Velha	São Miguel	-4.01	-20.80	1	75	Furo		Pico	-4.53	-27.30	4
33	Fumarola	C.Velha	São Miguel	0.49	13.40	1	76	Nascente		Pico	-3.90	-22.30	4
34	Fumarola	C.R. Grande	São Miguel	3.77	20.60	1	77	Nascente	Landroal	Pico	-3.90	-18.80	7
35	Nascente	Caldeirão	São Miguel	-2.94	-13.30	3	78	Nascente	Sto. Amaro	Pico	-3.20	-17.20	7
36	Nascente	Azeda Rebentão	São Miguel	-3.64	-14.20	3	79	Poço maré		Pico	-4.44	-22.90	4
37	Nascente	Água Azeda	São Miguel	-3.67	-17.60	3	80	Poço maré		Pico	-4.14	-24.20	4
38	Nascente	Água do Rego	São Miguel	-3.72	-19.60	3	81	Poço maré		Pico	-4.05	-20.70	4
39	Fumarola	Caldeira Grande	São Miguel	1.22	-0.70	3	82	Poço maré		Pico	-3.80	-23.70	4
40	Fumarola	Caldeira Asmodeu	São Miguel	3.36	18.50	3	83	Poço maré		Pico	-3.38	-18.90	4
41	Nascente	Quenturas I	São Miguel	-3.18	-17.90	3	84	Poço maré		Pico	-4.46	-18.40	4
42	Nascente	Serra do Trigo	São Miguel	-3.77	-17.30	3	85	Poço maré		Pico	-3.16	-18.80	4
43	Nascente	Tomo	São Miguel	-3.02	-15.50	3							

A composição dos isótopos de ^2H e do ^{18}O determinados para os lagos varia, no caso do $\delta^{18}\text{O}$, entre os -4,33 e 0,87‰, e para o $\delta^2\text{H}$, entre os -19,58 e -2,66. Nas nascentes termais os valores são mais negativos e variam entre os -13,73 e -17,71 para o $\delta^{18}\text{O}$ e entre os -3,23 e -4,19‰, no caso do $\delta^2\text{H}$.

Do resultado isotópico das amostras de água dos lagos é possível individualizar 3 grupos de lagoas. A Furna do Enxofre e o Algar do Carvão apresentam valores mais leves para este par de elementos, um segundo grupo formado pelas Lagoas das Furnas, do Congro, de Santiago e do Fogo, que apresentam valores intermédios, apresentando a Lagoa Azul um resultado um pouco superior no sentido das águas mais pesadas, e um último grupo constituído pelas duas amostras mais pesadas analisadas da Lagoa Verde.

As estas amostras de água mais pesadas revelam maiores mineralizações da água relacionadas com a contaminação da água dos lagos por sais de origem marinha. O resultado destas amostras, quando projecta as no gráfico que relaciona o ^2H e o ^{18}O , demonstra que os valores isotópicos da Lagoa Verde e em menor escala da Lagoa Azul posicionam-se com um desvio para a direita da recta das águas meteóricas mundiais (SMOW), situando-se próximo da amostra que caracteriza estes elementos na água do mar (Fig. 4.94). O posicionamento deste grupo pode resultar, igualmente, dos processos de evaporação a que, de uma forma geral, estes sistemas de água abertos estão sujeitos.

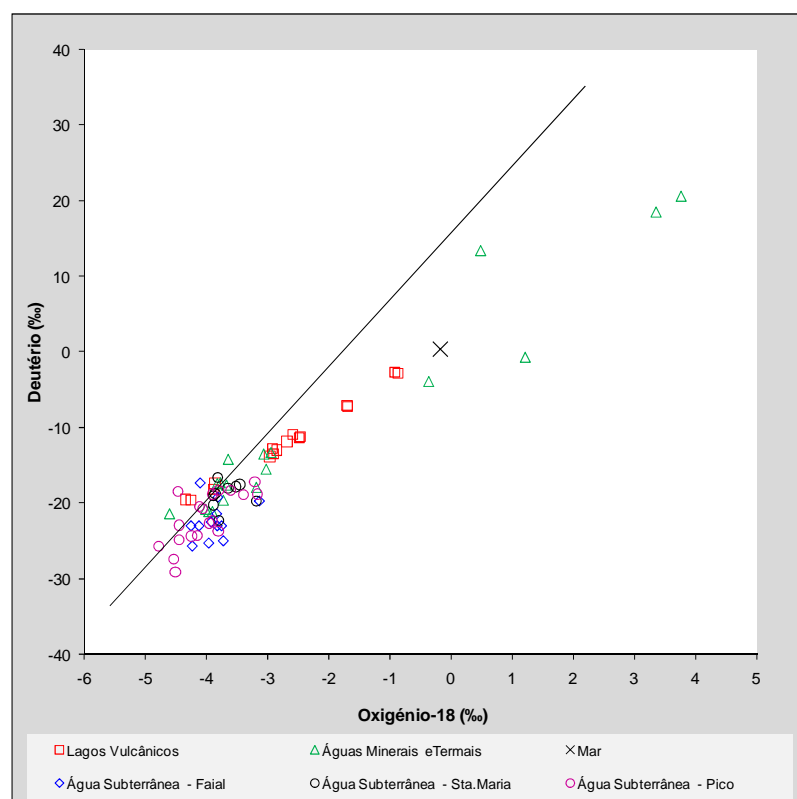


Fig. 4.94. Relação entre o conteúdo isotópico de ^2H vs o ^{18}O das águas dos lagos, comparativamente aos valores de outros fluidos.

O grupo de lagos constituído pelos resultados isotópicos intermédios e mais leves posiciona-se tendencialmente sobre a recta das águas meteóricas mundiais, o que sugere a origem meteórica das amostras.

A presença do CO₂ no manto superior encontra-se, nos dias de hoje, bem estudado. O dióxido de carbono é um constituinte dos gases vulcânicos, associado a eventos eruptivos ou libertados em períodos de dormência em vulcões.

A composição isotópica em ¹³C no manto varia acima dos 30%, devido, possivelmente, aos processos de fraccionação resultantes dos vestígios de acreção de heterogeneidades ou como produto da reciclagem do dióxido de carbono da crosta, processos ainda não totalmente compreendidos (Hoefs, 2004).

Diversos estudos referentes a análises da composição isotópica do diamante, das carbonatites e dos kimberlites revelam valores do $\delta^{13}\text{C}$ que variam à volta dos -7 e -5‰. Outros autores sugerem valores à volta dos -4‰ para o carbono de origem magmático (Cruz *et al.*, 1999).

Os resultados das análises ao isótopo ¹³C encontram-se discriminados na Tabela 4.14.

Tabela 4.14. Resultados das análises isotópicas do ¹³C e do ³⁴S efectuadas nos lagos e nascentes termais de São Miguel, da Terceira e da Graciosa.

Localização	Nº	$\delta^{13}\text{C}$ (V-PDB)	$\delta^{34}\text{S}$ (CDT)
Enxofre	1	1.9	8.1
A. Carvão	2	-6.3	8.1
Furnas	3	-2.1	
Congro	4	-13.6	47.6
Verde	5	-9.7	11.0
Azul	6	-5.7	
Santiago	7	-10.3	51.7
Fogo	8	-7.4	14.4
C. Velha N.	9	-4.8	6.4
C. Velha N.	10		5.1
Torno	11	-1.3	12.7
Torno	12		11.8
Quenturas	13	-1.6	47.7
Caldeirão	14	-0.8	4.4
Azeda	15	-3.4	1.2
Cald. Grande	16		51.1

A água da Furna do Enxofre apresenta um resultado positivo de 1,9‰, indicativo da retenção do isótopo mais pesado devido à perda de dióxido de carbono por ebulição. Situação semelhante ocorre em menor escala nas águas termais analisadas. Este resultado denota a contaminação de CO₂ da água da lagoa devido ao input de voláteis no fundo do lago.

As águas dos lagos mais leves (Congro, Verde e Santiago) indicam que parte do dióxido de carbono tem origem na decomposição da matéria orgânica que decorre no fundo dos sistemas devido ao seu estado de eutrofização.

Os restantes lagos, Algar do Carvão e Lagoa Verde, denotam um resultado isotópico dentro da gama correspondente aos valores típicos do isótopo de carbono juvenil. Não obstante, a recolha e tratamento das amostras relativas à análise deste elemento estão sujeitos à contaminação de origem atmosférica, situação que poderá revelar valores menos negativos em relação às amostras.

Da projecção dos resultados do $\delta^{13}\text{C}$ contra os valores do dióxido de carbono total, a amostra correspondente à água da Furna do Enxofre destaca-se das restantes como é expectável (Fig. 4.95).

Algumas das amostras demonstram uma tendência do aumento da concentração do CO₂ total, para valores do $\delta^{13}\text{C}$ entre os -4 e -7‰, sendo possível um contributo de origem magmática nestes sistemas. Todavia, os resultados sugerem uma maior contribuição do dióxido de carbono no lago derivado da decomposição da matéria orgânica.

Relativamente ao enxofre, constata-se que no manto, este elemento ocorre em diferentes formas, estando em maior percentagem na fase sólida de monossulfito, entre os elementos de Fe, Ni, e Cu.

O trabalho desenvolvido por diversos autores demonstra que este constituinte que se encontra nas inclusões de megacristais e de xenolitos de piroxenite pertencentes a basaltos alcalinos, kimberlitos e ao diamante apresentam resultados do $\delta^{34}\text{S}$ que variam entre os -11 e os 14‰. Contudo, estudos mais recentes demonstram que baixas concentrações de enxofre (<50 ppm) e valores positivos consideráveis de $\delta^{34}\text{S}$ predominam na litosfera continental e no manto a nível global (Hoef, 2004).

A composição do isótopo de enxofre ($\delta^{34}\text{S}$), típica dos Basaltos da Crista Média Oceânica (MORB), varia entre os 0 e os 1‰ e poderá estar relacionada com a fusão total ou parcial da ierzolite (lherzolite), inserindo-se na gama aceite para o enxofre de origem vulcânica (Hoef, 2004; Walther, 2005).

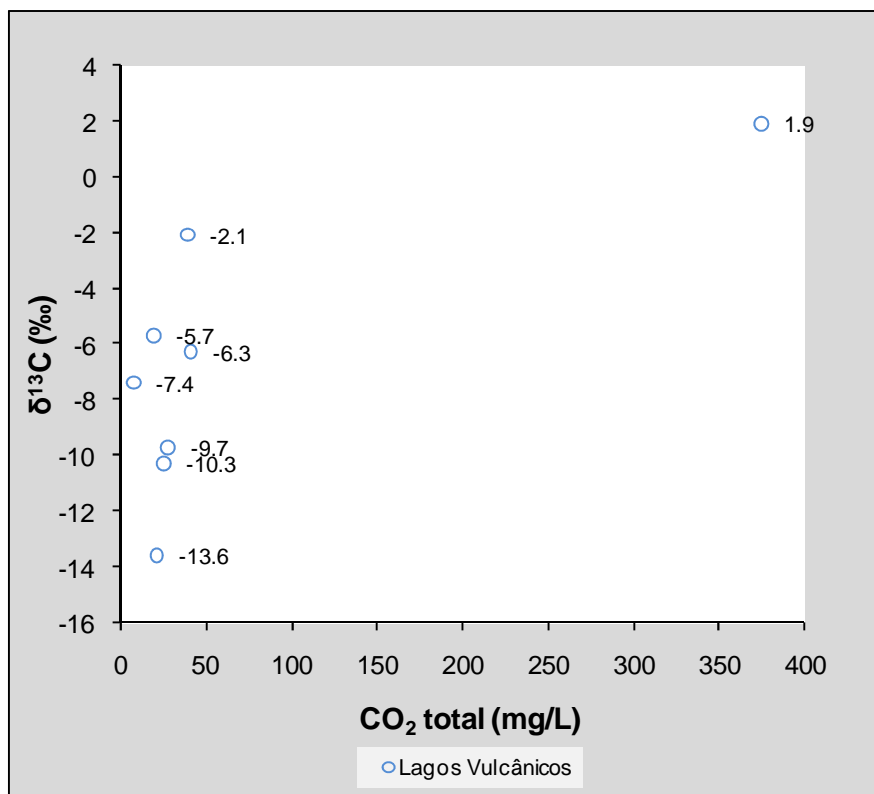


Fig. 4.95. Relação entre o conteúdo isotópico de ^2H vs o ^{18}O , das águas dos lagos, comparativamente aos valores de outros fluidos.

Os conteúdos isotópicos do ^{34}S nas amostras de água analisadas encontram-se discriminados na Tabela 4.13. A amostra de água correspondente à nascente mineral “Água Azeda” demonstra um valor de $\delta^{34}\text{S}$ coincidente com a sua origem juvenil, que corresponde à lixiviação do material rochoso.

A dissolução do material rochoso, relativo ao elemento enxofre, por menor que seja, induz uma variação na composição isotópica de uma água, situação representada pelas águas subterrâneas das Furnas que se projectam junto ao eixo das abcissas (Fig. 4.96; Cruz, *et al.*, 1999).

As amostras de água dos lagos que se dispõem sobre as amostras das águas subterrâneas das Furnas correspondem à Lagoa do Enxofre, Verde e à Lagoa do

Fogo, pelo que se pode extrapolar o conteúdo do $\delta^{34}\text{S}$ nestes sistemas a partir da dissolução do substrato rochoso.

Segundo Clark e Fritz (1997), o fracionamento do isótopo de enxofre processa-se mais rapidamente nos fluidos geotérmicos. As baixas temperaturas e a taxa de decomposição isotópica são maiores quando ocorre a menores valores de pH, situação que corresponde a uma maior concentração do bisulfato (HSO_4^-), encerrando o ácido sulfúrico uma concentração considerável.

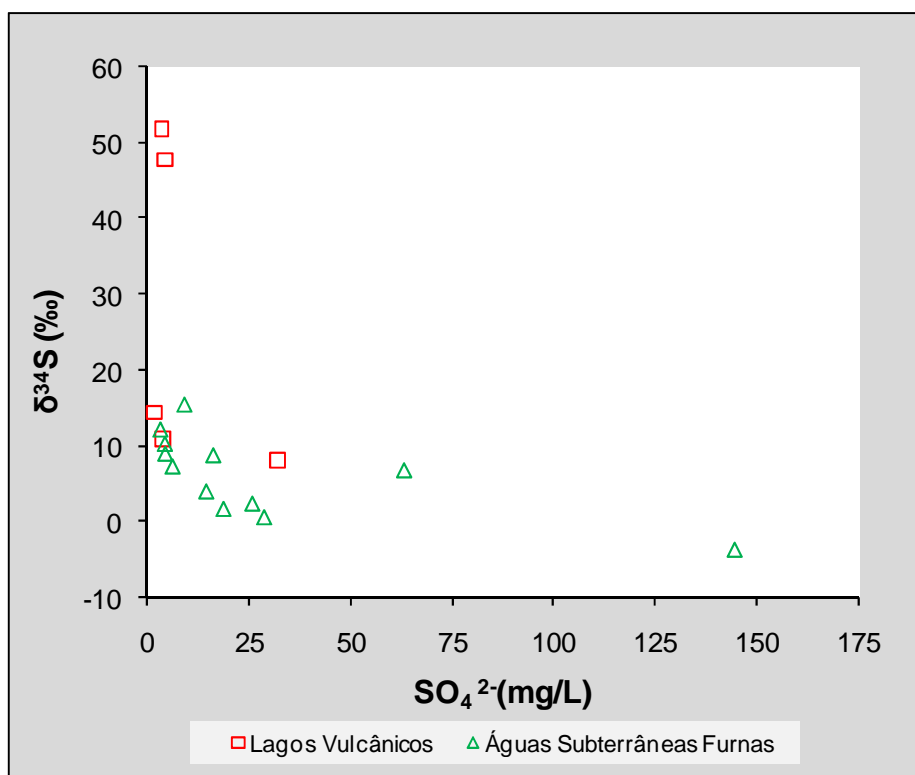


Fig. 4.96. Relação entre o conteúdo isotópico de ^{34}S vs o SO_4^{2-} das águas dos lagos, comparativamente aos valores das águas subterrâneas das Furnas.

Os valores mais pesados de $\delta^{34}\text{S}$ para as Lagoas de Santiago e do Congro, são de difícil explicação. Por um lado, os valores de $\delta^{34}\text{S}$ para as Lagoas de Santiago e do Congro são de difícil explicação e não se exclui um eventual erro analítico. Por outro lado, a possível explicação por contaminação de fluidos geotérmicos não parece ser compatível com os baixos valores de sulfato existentes na água. Assim, estas amostras podem ser repetidas, de modo a confirmarem-se os resultados em questão.

5. MODELAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA

A “arte” da modelação é compreendida, através da prática, por quem aplica os modelos.

Anderson e Woessner (2002).

5.1. Generalidades

Que alterações, na qualidade da água dos lagos, poderemos esperar se ocorrer uma súbita entrada de voláteis de origem vulcânica, nestes sistemas?

Um lago localizado numa cratera de um vulcão activo, aquando da ocorrência de um período de instabilidade vulcânica, poderá, indirectamente, *dar informação* do evoluir da crise?

Na ocorrência de um súbito *input* de fluidos de origem vulcânica, na água de um lago, este é imediatamente possível de identificar? Se o referido *input* de voláteis for esporádico, a dinâmica destes sistemas aquíferos rapidamente devolve o equilíbrio existente anteriormente?

Se num lago ocorrer a entrada de fluidos de origem vulcânico com baixas concentrações dos seus elementos nativos e eventualmente esporádicos, será possível identificar esta entrada através da monitorização da qualidade da água?

Será que a comunidade biológica de um lago vulcânico poderá indiciar uma alteração da qualidade da água devido a uma entrada de voláteis de origem magmática?

A tentativa de dar respostas concretas a estas questões e a muitas outras relacionadas com o tema, levou-nos a procurar um arquétipo que pudesse modelar a dinâmica dos lagos vulcânicos do Arquipélago dos Açores, nomeadamente, simular a entrada de dióxido de carbono nestes sistemas.

A aplicação de modelos numéricos relativos à qualidade da água com a perspectiva de gerir os sistemas aquáticos é largamente utilizada nos lagos, em pequenos reservatórios, em rios e nos estuários (Romero *et al.*, 2004). A

necessidade de gerir e, principalmente, de prever cenários relativos à evolução da qualidade da água devido à constante pressão antropogénica sobre os recursos hídricos e, em especial, ao incremento da eutrofização e da poluição dos lagos a nível global, contribuiu, decisivamente, para a evolução dos modelos aplicados nesta vertente de estudo, à qual não é alheio o desenvolvimento e acessibilidade da tecnologia informática (Canfield e Hoyer, 1988; Jørgensen, 1995; Hamilton e Schladow, 1997; Gal *et al.*, 2003; Burger *et al.*, 2008).

A informação obtida pelos modelos acerca de fenómenos complexos e muitas vezes não totalmente assimilados e entendidos pelo ser humano poderá contribuir para uma melhor compreensão, tomada de decisões e respostas, muitas vezes exigidas prontamente, no que diz respeito a problemas que poderão ter um grande impacto numa comunidade populacional.

Um modelo é um instrumento que representa uma aproximação à situação existente no terreno. Comparando com os modelos relativos às águas subterrâneas, os modelos físicos, como os tanques de areias existentes em laboratórios, simulam directamente o fluxo da água subterrânea. Um modelo matemático simula o fluxo da água subterrânea indirectamente através de processos que regem equações, ainda que representem processos físicos que ocorrem no sistema, juntamente com equações que descrevem nascentes ou fluxos ao longo dos limites de um modelo. Para os problemas dependentes do espaço temporal, também é necessária a existência de uma equação que descreva o início de uma nascente num sistema (condição inicial). Os modelos matemáticos podem ser resolvidos *analiticamente* ou *numericamente*. Ambos os tipos de solução poderão envolver um computador. Quando as suposições criadas para deduzir uma solução analítica são dadas como simplistas e inapropriadas para a resolução do problema em apreciação, um modelo numérico poderá ser o mais correcto. A exemplo, soluções analíticas, normalmente, assumem uma porosidade média homogénea. Um modelo numérico poderá ser mais fácil de aplicar que o referido anteriormente se, no caso do problema analítico, envolver a sobreposição de soluções complexas. Em suma, quanto menor for o número de conjecturas utilizadas na elaboração de um modelo, mais complexo é o modelo (Anderson e Woessner, 2002).

Na área das ciências aplicadas o recurso a modelos matemáticos é uma metodologia recorrente na verificação de teorias ou na conjectura de cenários futuros.

Muitos dos modelos aplicados nos sistemas ambientais consistem numa série de equações não lineares ou em equações diferenciais. Um computador é uma peça fundamental na resolução destas equações numérica, uma vez que permite obter o prognóstico dos eventos simulados.

De uma forma muito geral, pode-se considerar que a maioria destes programas se agrupam numa de três categorias: (1) *software* de simulação universal; (2) programas de simulação ambientais; (3) e programas de identificação de sistemas.

No que diz respeito ao primeiro grupo, o *software* universal de simulação é mais exigente no que toca à formulação de modelos e mais difícil de manusear relativamente a pessoal não especializado neste tipo de sistemas.

Os programas de simulação ambiental, são mais acessíveis no que diz respeito ao seu manuseio, mas normalmente, são concebidos a partir de um modelo estudado por parte do programador. Esta particularidade torna o modelo inadequado quando aplicado em sistemas ambientais comparativamente diferentes.

Por último, os programas de identificação de sistemas são uma ferramenta fundamental na comparação dos sistemas estudados e na predição do comportamento de diferentes parâmetros. No entanto, a maioria destes programas estão restritos a modelos lineares ou matemáticos, o que significa que são concebidos numa linguagem diferente da utilizada pelos especialistas das ciências ambientais (Reichert, 1998).

Contudo, existe uma diversidade de modelos, com diversas particularidades e que executam tarefas comuns a mais de uma das categorias descritas anteriormente.

Quando se desenvolve um projecto que passa pela aplicação de um modelo numérico, o objectivo final do trabalho tem de se encontrar nitidamente definido. O protocolo a utilizar envolve diversas etapas, nomeadamente, a selecção das entradas e verificação, o objectivo do modelo, a calibração, a sensibilidade da análise e a predição. Na figura 5.1 encontram-se esquematizados os passos a ter em conta, de uma forma geral, na elaboração de um protocolo aplicado na modelação. Cada uma das etapas a seguir admite que um modelo possa produzir diferentes resultados o que, por sua vez, permite a validação do modelo.

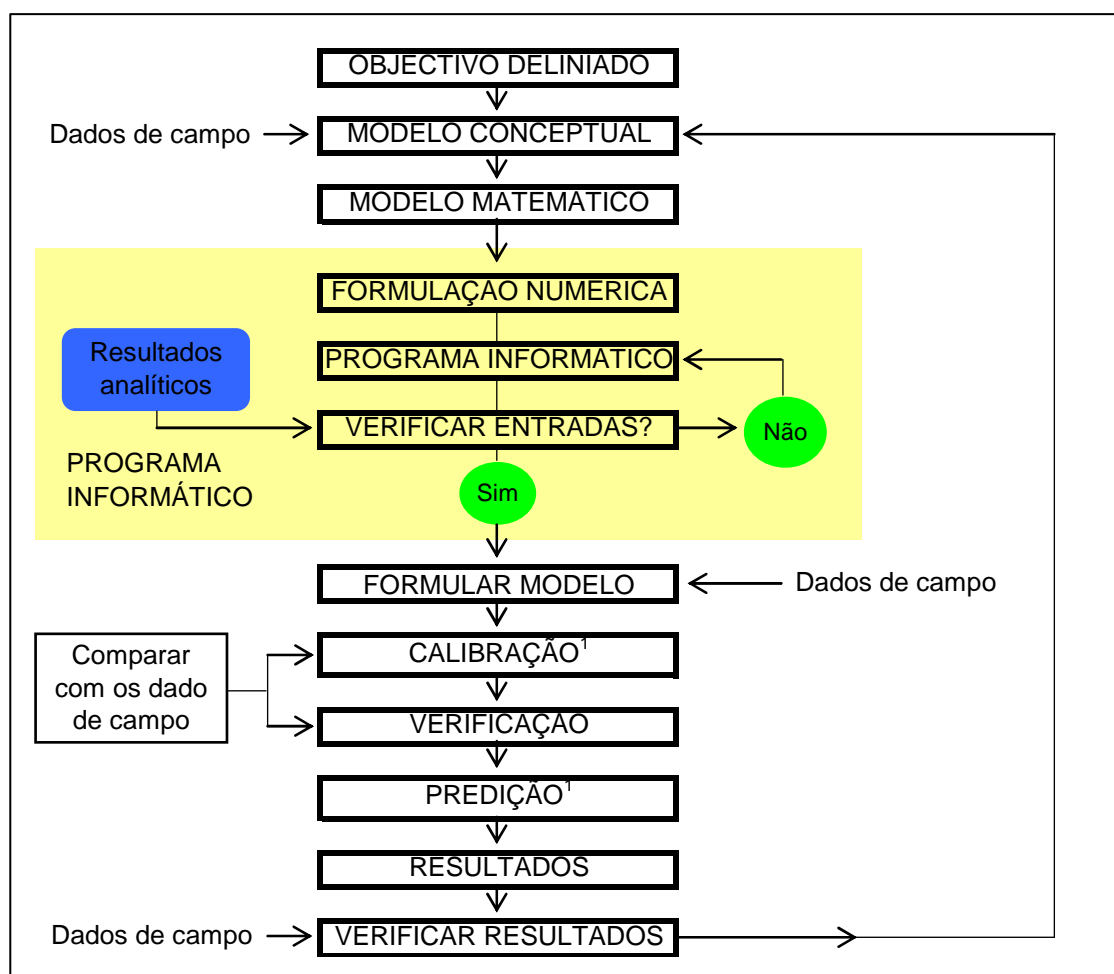


Fig.5.1. Generalização das etapas a aplicar num programa de modelação (adaptado de Anderson e Woessner, 2002). 1 – Introdução de dados simulados com o objectivo de estabelecer o efeito de incerteza no modelo.

5.2. Modelo DYRESM-CAEDYM

A escolha do programa de modelação a utilizar nos lagos seleccionados na ilha de São Miguel recaiu sobre o modelo hidrodinâmico DYRESM acoplado ao modelo ecológico CAEDYM. Este programa informático desenvolvido pelo “*Center for Water Research, University of Western*” da Austrália, em 1978, tem sido alvo de constantes melhoramentos, nomeadamente, a nível das equações utilizadas na resolução dos diferentes parâmetros inerentes à dinâmica dos sistemas lacustres.

Este arquétipo apresenta-se como um modelo mais complexo, modelando uma diversidade de parâmetros quer sejam físicos, biológicos ou químicos, relativo a outros modelos que se limitam a entradas e saídas, estando de acordo no que diz respeito à necessidade de melhorar os modelos, incluindo mais componentes relativos à parte ecológica dos sistemas lacustres (Jørgensen, 1995; Hurtado, 2006).

Esta complexidade, relativa à interacção entre atmosfera, coluna de água (incluindo os biotas) e sedimento, permite uma melhor compreensão quanto aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem neste sistemas lacustres (Imberger *et al.*, 1978; Hamilton e Schladow, 1997; Hornung, 2002; Balistrieri *et al.*, 2006).

5.2.1. DYRESM: Modelo hidrodinâmico

Para efectuar a modelação do dióxido de carbono nos lagos vulcânicos de São Miguel, Lagoa Verde das Sete Cidades, Lagoa do Fogo, Lagoa das Furnas e Lagoa do Congro, utilizou-se o modelo hidrodinâmico DYRESM (**DY**ynamic **RE**servoir **S**imulation **M**odel), modelo unidimensional aplicado no cálculo da temperatura, salinidade e a densidade, isto é, da estratificação vertical ao qual foram associados processos biogeoquímicos representativos destes sistemas aquáticos (Hornung, 2002; Hipsey, 2006).

Este modelo permite efectuar previsões, quantitativamente, em relação às características termais destes sistemas lacustres para intervalos temporais de semanas ou décadas. O programa DYRESM poderá correr independentemente quando aplicado apenas em estudos hidrodinâmicos ou acoplado ao programa CAEDYM numa perspectiva de compreender os processos químicos ou biológicos que ocorrem nos lagos (Hamilton e Schladow, 1997; Hornung, 2002; Copetti *et al.*, 2006).

A componente hidrodinâmica (DYRESM) não necessita de calibração, pelo que a predição de cenários assenta em diferentes forças hidrodinâmicas, motivo pelo qual poderá ser transportado e aplicado em diferentes lagos. Este facto implica que o nível de resolução dos processos, envolvendo concomitantemente a escala temporal e espacial do modelo, está correcto na sua totalidade. Segundo Imberger e Patterson (1990), esta situação é confirmada pelo facto do modelo ter sido aplicado com sucesso num grande número de lagos.

Neste modelo, a coluna de água é representada por uma série de camadas de *Lagrangian*, com o intuito de modelar a estratificação térmica, a dinâmica sazonal, do próprio sistema e dos afluentes, e a mistura “das camadas de *Lagrangian*”. A utilização do tipo de dispersão convectiva confinada numa camada permite que cada estrato se possa movimentar verticalmente, contrair ou expandir em resposta às entradas (*inputs*) ou saídas (*outputs*), como os dos fluxos existentes à superfície da

água do lago. Os códigos utilizados neste ficheiro configuram a informação inicial do modelo ao longo do perfil, não permitindo variações laterais.

Cada massa de água é modelada por uma série de níveis horizontais com características uniformes, mas de diferentes espessuras. As camadas possuem espessuras com limites máximos e mínimos. Quando o volume de uma camada excede o tamanho máximo possível, este nível é dividido em dois, criando dois novos estratos, mas com volumes mais reduzidos e que poderão ter diferentes espessuras entre eles. As camadas são renumeradas e a área superficial é recalculada. O oposto também sucede: quando uma camada atinge o volume mínimo, funde-se com o nível subjacente que apresenta menor volume, afectando, novamente, o número de camadas e a área superficial (Romero, 2004).

Os dados meteorológicos do local são necessários na configuração do modelo e poderão ser introduzidas várias leituras diárias. Deste modo, o aquecimento da água e a dinâmica termal do lago evoluirá consoante o número de registos climatéricos introduzidos consoante o objectivo a desenvolver e os dados disponíveis. No caso de haver uma única leitura diária, o programa assume essa leitura uniformemente ao longo do dia, com excepção da radiação solar, no caso particular da radiação de onda curta, e da velocidade do vento (Hipsey *et al.*, 2006).

Os dados meteorológicos requeridos pelo DYRESM dizem respeito à radiação solar, de onda curta e de onda comprida, à pressão de vapor do ar atmosférico, velocidade do vento e à temperatura do ar.

A radiação de onda curta, dependendo do comprimento de onda, poderá ser dividida na radiação que atravessa a coluna de água de um lago ou naquela que é reflectida. O programa assume que 55% da radiação que atinge a superfície de água é reflectida e a restante distribui-se em profundidade. Esta radiação solar, que determina o gradiente térmico na coluna de água, é integrada no modelo e distribuída ao longo do dia, sendo calculada pelo programa consoante a latitude onde se localiza o lago e a altura do ano (Hipsey *et al.*, 2006).

5.2.2. CAEDYM: Modelo da ecologia aquática.

O programa informático CAEDYM (Computacional Aquatic Ecosystem DYnamics Model) foi concebido para modelar a ecologia aquática e ser expeditamente ligado a modelos hidrodinâmico, como o DYRESM, DYRIM e ELCOM (Hipsey *et al.*, 2006).

Este programa, desenvolvido para permitir uma modelação mais flexível da ecologia aquática, foi concebido para trabalhar os elementos com maior representatividade e fundamentais na dinâmica no ciclo destes sistemas aquáticos, o carbono, o azoto, o fósforo a sílica e o oxigénio dissolvido. No caso presente, será dada particular atenção ao carbono, pelas razões apresentadas e discutidas anteriormente, nomeadamente, ser o CO₂ o principal constituinte dos voláteis de origem vulcânica e, possivelmente, um dos principais compostos na alteração da sua concentração nos sistemas lacustres, na eventualidade de ocorrer uma entrada de água termal ou mineral no decorrer de uma crise sismo vulcânica. A temperatura, o oxigénio dissolvido e o pH, elementos monitorizados nos lagos, também serão alvo de particular atenção.

O CAEDYM é um programa mais complexo e avançado que os tradicionais programas de modelação que apresentam os resultados sobre a forma dos nutrientes-fitoplâncton-zooplâncton (N-F-Z). Nesta versão, é um modelo biogeoquímico que modela elementos ou grupos de elementos, assim como a interacção entre espécies ou grupos de espécies na ecologia aquática (Fig. 5.2). Consequentemente, outras variáveis biogeoquímicas são consideradas e possíveis de modelar com o respectivo programa (Fig. 5.3; Griffin *et al.*, 2001; Bruce *et al.*, 2006).

As variáveis alvo de particular atenção e que no caso presente serão mais trabalhadas para uma melhor calibração do modelo encontram-se assinaladas a azul no diagrama da figura 5.3, o carbono, o silício, o oxigénio dissolvido e os metais, ferro (Fe²⁺), manganês (Mn²⁺) e alumínio (Al³⁺).

Deste modo, o programa DYRESM-CAEDYM apresenta potencial na aplicação e exploração na monitorização vulcânica, nomeadamente, no que diz respeito a possíveis alterações hidrogeoquímicas induzidas pelo *input* de fluidos de origem vulcânica, assim como a possível alteração ecológica destes sistemas devido a este fenómeno. Consequentemente, também poderá contribuir para uma melhor

compreensão acerca dos sistemas vulcânicos existentes nestes locais e, possivelmente, constituirá mais uma ferramenta ao dispor da monitorização vulcânica.

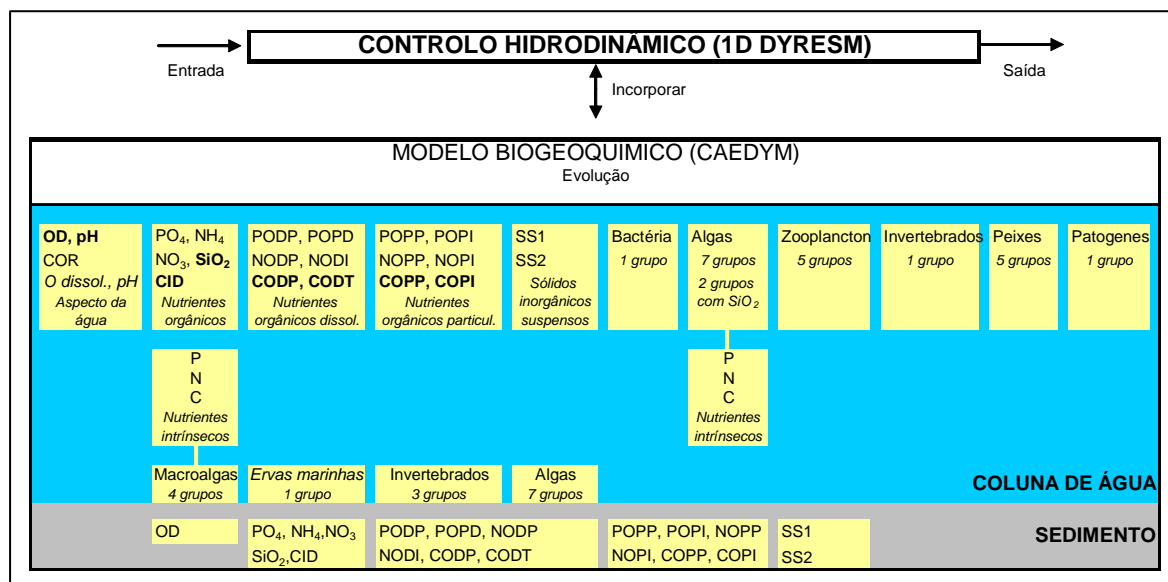


Fig. 5.2. Perspectiva das variáveis utilizadas na modelação do programa CAEDYM (adaptado de Hipsey, 2006).

O significado das abreviaturas que constam na figura 2 encontra-se discriminado na tabela 5.1.

Tabela 5.1. Significado das abreviaturas utilizadas na figura 5.2.

Abreviatura	Significado	Unidade
DO	Concentração do oxigénio dissolvido	mg/L
pH	Determina a acidez com base na concentração do ião hidrogénio [H ⁺]	
COR	Tranparência da água	
CID	Concentração do carbono inorgânico dissolvido	mg/L
CODP	Concentração do carbono orgânico dissolvido (permutável)	mg/L
COPP	Concentração do carbono orgânico particulado detrítico (permutável)	mg/L
CODI	Concentração do carbono orgânico dissolvido (instável)	mg/L
COPI	Concentração do carbono orgânico particulado detrítico (instável)	mg/L
NOPP	Concentração do azoto orgânico particulado detrítico (permutável)	mg/L
NODP	Concentração do azoto orgânico dissolvido (permutável)	mg/L
NOPI	Concentração do azoto orgânico particulado detrítico (instável)	mg/L
NODI	Concentração do azoto orgânico dissolvido (instável)	mg/L
POPP	Concentração do fósforo orgânico particulado detrítico (permutável)	mg/L
PODP	Concentração do fósforo orgânico dissolvido (permutável)	mg/L
POPI	Concentração do fósforo orgânico particulado detrítico (instável)	mg/L
POD	Concentração do fósforo orgânico dissolvido (instável)	mg/L
SS	Sólidos inorgânicos dissolvidos	mg/L

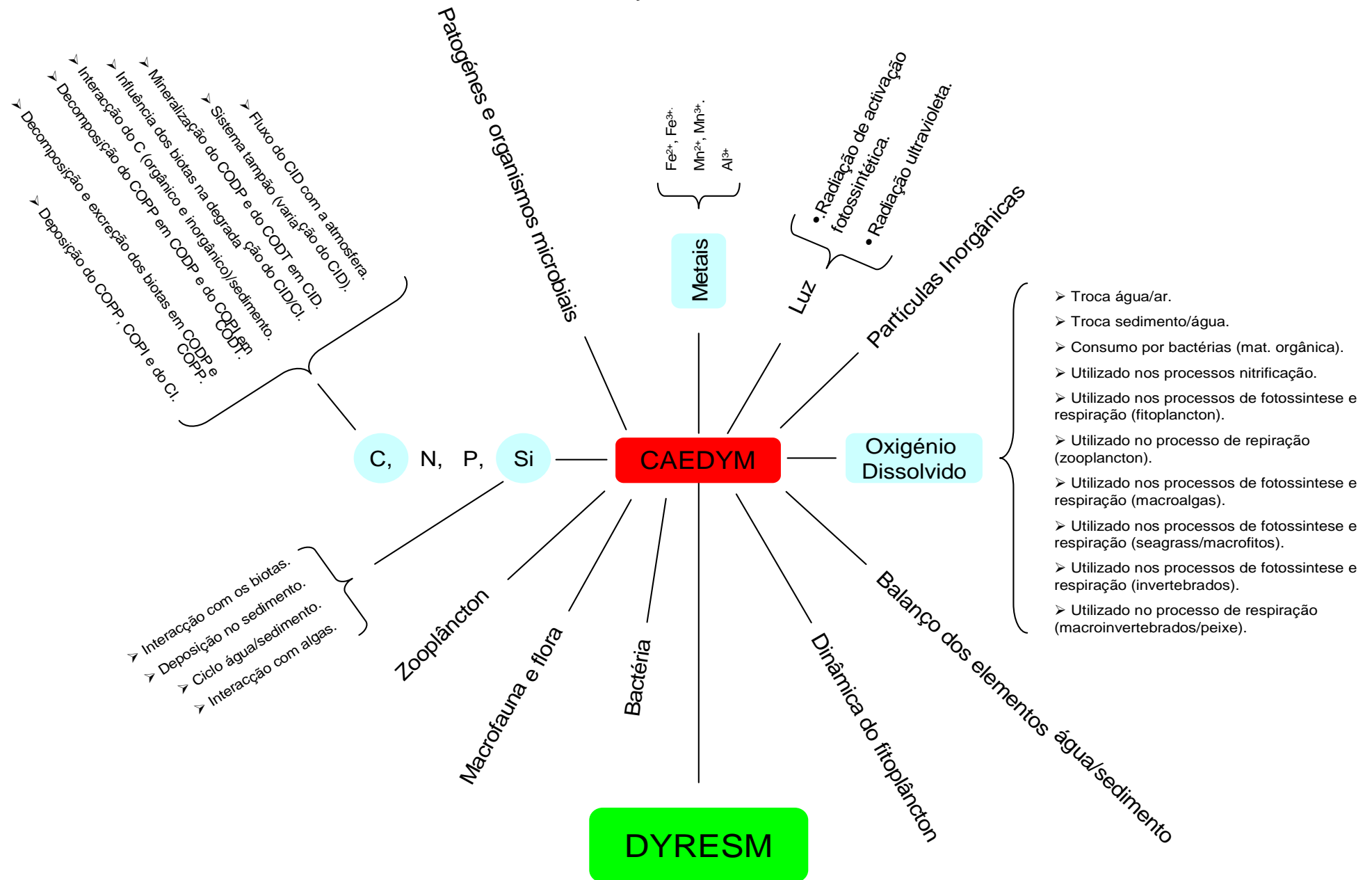


Fig.5.3. Diagrama representativo das variáveis modeladas pelo programa CAEDYM

Este modelo ecológico permite estabelecer a dinâmica do fitoplâncton nos sistemas aquáticos, em termos de produção e excreção, do ciclo de nutrientes e a dinâmica do oxigênio dissolvido, relativamente a cada fase do dia e nas diferentes camadas de água. Desta forma, a sedimentação, a dispersão, a mistura, a entrada ou saída de água ou nutrientes do sistema e a alteração da temperatura e luminosidade na água pode alterar a concentração das diferentes variáveis em cada camada da coluna de água (Hamilton e Schladow, 1997).

5.3. Variáveis Modeladas

5.3.1. Carbono Inorgânico dissolvido

O carbono é o elemento primordial no presente modelo, uma vez que o ciclo dos restantes elementos modelados assenta no seu ciclo.

A modelação do carbono, nestes sistemas aquáticos, tem em conta os diferentes estados em que este composto se encontra, quer seja de proveniência orgânica, inorgânica ou sob a forma livre (Fig. 5.4).

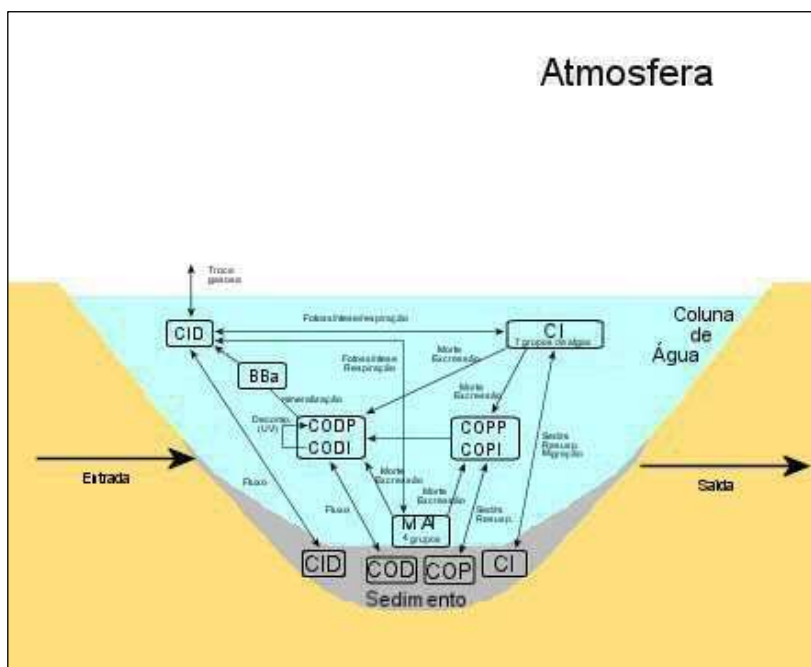


Fig. 5.4. Esquema simplificado da dinâmica do carbono modelado pelo programa CAEDYM. CI – Carbono inorgânico; COD – Carbono orgânico dissolvido (permutável ou instável); COP – Carbono orgânico particulado (permutável ou instável); BBA – Biomassa bacteriana; MAI – Macroalgas.

5.3.1.1. Carbono Inorgânico dissolvido: Fluxo Ar/Água

Segundo Hipsey *et al.*, (2006), o balanço do carbono inorgânico dissolvido na água das lagoas entra com o cálculo do fluxo do dióxido de carbono atmosférico [F_{CO_2} ($gm^{-2}s^{-1}$)], nomeadamente, determinado com base na diferença entre o dióxido carbono de origem atmosférico e o dióxido carbono que se encontra sobre pressão da coluna de água. A transferência ar/água obedece ao cálculo de Wanninkhof (1992):

$$F_{CO_2} = k_{CO_2} k_0 (p_{CO_2}^{água} - p_{CO_2}^{ar})$$

em que o p_{CO_2} corresponde à pressão parcial do dióxido de carbono atmosférico e o k_{CO_2} corresponde à velocidade de transferência do gás (ms^{-1}) calculado através da fórmula:

$$k_{CO_2} = 2.2 \times 10^{-5} \frac{u_{10}^2}{\sqrt{Sc}}$$

onde u_{10} diz respeito à velocidade do vento, 10 metros acima da superfície da água do lago, e Sc é relativo ao número de Schmidt definindo por:

$$Sc = \left(0,9 + \frac{S}{350} \right) (2073,1 - 125,62T + 3,6276T^2 - 0,043219T^3)$$

S é relativo à salinidade da água e T à temperatura em graus Celsius.

A solubilidade do dióxido de carbono, K_0 ($molL^{-1}atm^{-1}$), é calculada segundo Weiss (1974):

$$K_0 = \exp \left[-58,0931 + 90,5069 \left(\frac{100}{\theta_K} \right) + 22,294 \ln \left(\frac{\theta_K}{100} \right) + 0,027766S - 0,0025888S \left(\frac{\theta_K}{100} \right) + 0,0050578S \left(\frac{\theta_K}{100} \right)^2 \right]$$

O símbolo θ_K diz respeito à temperatura da água em graus Kelvin.

O fluxo relativo ao CO_2 atmosférico é calculado segundo a fórmula:

$$f_{DIC}^{ATM} = 2,63 \times 10^4 \frac{F_{CO_2}}{Z_{surf}}$$

em que Z_{surf} se refere à profundidade da camada de água mais superficial e onde ocorre, exclusivamente, a troca gasosa.

5.3.1.2. Carbono Inorgânico dissolvido: dinâmica do carbonato

A dinâmica do carbonato é modelada a partir dos cálculos de Butler (1982). A coluna de água de um lago é modelada como um sistema fechado, onde os

fluxos que entram e saem do lago são conhecidos, tais como os caudais de ribeiras que entram nos lagos ou da água que deste sistema sai, assim como outras entradas e trocas atmosféricas efectuadas à superfície do lago.

Num sistema carbonatado fechado, a alcalinidade, o carbono inorgânico dissolvido e o pH são os parâmetros directamente correlacionados com a dinâmica do carbonato. Estes parâmetros são utilizados na modelação através das equações de Butler (1982). Quando só dois destes componentes são conhecidos, o terceiro poderá ser calculado a partir dos dois conhecidos. O carbono inorgânico dissolvido e o pH são variáveis que assumem grande importância neste modelo (Hipsey *et al.*, 2006).

A alcalinidade total é calculada a partir da equação:

$$AT = CID \frac{K_{a1}(H^+) + 2K_{a1}K_{a2}}{(H^+)^2 + K_{a1}(H^+) + K_{a1}K_{a2}} + \frac{K_w}{(H^+)} - (H^+)$$

K_w corresponde à carga iónica da água, K_{a1} diz respeito à primeira constante de acidificação e o K_{a2} refere-se à segunda constante de acidificação. O pH é determinado a partir da equação que calcula a acidez da água com base na concentração do catião hidrogénio:

$$pH = -\log_{10}(H^+)$$

O carbono inorgânico dissolvido (CID) é determinado a partir do somatório:

$$CID = (CO_3^{-2}) + (HCO_3^-) + (CO_2) + (H_2CO_3)$$

5.4. Metodologia

A metodologia envolveu a combinação de dados provenientes do trabalho de campo, efectuado em alguns sistemas lacustres da ilha de São Miguel, e a utilização de um programa informático de modelação, no caso, o modelo DYRESM-CAEDYM.

O programa apresenta 11 tipos de ficheiros com diferentes extensões, nos quais se definem os parâmetros a manipular. Uma vez que o modelo permite efectuar um grande número de interacções, é fundamental, consoante o objectivo do trabalho e dos resultados pretendidos, seleccionar e acertar, nestes ficheiros, os elementos mais sensíveis que o programa utilizará para uma melhor optimização dos resultados.

Como já referido anteriormente, o objectivo desta tarefa passa pela simulação do CO₂ nos lagos e, uma vez que o dióxido de carbono é parte fundamental destes sistemas aquíferos, optou-se por introduzir toda a informação disponível nas diferentes extensões que o modelo apresenta.

Quando existe um grande número de variáveis a utilizar, que na prática corresponde à mesma grandeza de elementos a calibrar, a afinação do modelo torna-se mais problemática de conseguir. No entanto, é possível contornar esta situação através de sucessivas calibrações até que o modelo apresente um resultado aceitável (Anderson e Woessner, 2002; Schladow e Hamilton, 1997).

De seguida, serão apresentados os tipos de ficheiro existentes no modelo e o tipo de entradas que cada um utiliza. Os exemplos expostos dizem respeito, unicamente, aos ficheiros configurados para a modelação efectuada na Lagoa Verde (Sete Cidades) e exemplifica o método utilizado na configuração das diferentes extensões do modelo nos diferentes lagos modelados. O idioma utilizado neste programa é a língua inglesa, tendo-se optado por apresentar a informação que neles consta com a mesma formatação.

O ficheiro com a extensão *cfg* contém a informação do programa de configuração que se pretende modelar, onde consta a informação do primeiro dia do ano em que se iniciará a modelação, assim como o total de dias considerados nos cenários delineados (Fig. 5.5). Também constam outros

dados referentes à activação do programa *CAEDYM*, informação relativa à espessura das camadas de água ao longo do perfil e das variáveis consideradas no modelo.

```
<#5>
DYRESM configuration file for Lake BigLake
2004001      # Simulation start day
3663        # Simulation length (unit=days)
.TRUE.      # Run CAEDYM (.TRUE. or .FALSE.)
1           # Output Interval (in days, or -9999 for every time step)
0.6         # Light extinction coefficient (m-1)
1.0         # Min layer thickness (m)
6.0         # Max layer thickness (m)
7200        # Time Step (s)
30          # Number of Output Selections
TN TP GPP NPP SALINITY TEMPTURE TA DO POCL DOCL DIC SSOL1 PO4 POPL DOPL PIP NH4 NO3 PONL DONL PIN COL FDIAT CYANO SIO2 PH MN2 TMN FE2 TFE # List of Output Selections
.FALSE.     # Activate destrat system (.TRUE. or .FALSE.)
.FALSE.     # Activate non-neutral atmospheric stability (.TRUE. or .FALSE.)
```

Fig. 5.5. Ficheiro do programa configuração do modelo. O exemplo da figura refere-se aos dados configurados para a Lagoa Verde.

A extensão *con*, contém todas as variáveis referentes à parte ecológica do modelo, nomeadamente, os parâmetros relativos aos biotas e aos nutrientes que, como se pode constatar na figura 5.6, reúne uma grande diversidade de elementos. É neste ficheiro que se seleccionam os parâmetros que entram na simulação, pela opção de Verdadeiro (T) ou falso (F).

Consoante o subgrupo mais representativo em cada lago, o fitoplâncton é o parâmetro biológico que mais interessa caracterizar. Como se pode verificar na figura 5.5, é possível seleccionar, neste ficheiro, diferentes opções relativas aos nutrientes no sistema.

Uma vez que existem dados relativos ao alumínio, ferro, manganês, pH e ao carbono inorgânico determinados pelo autor, activaram-se estes parâmetros, entre outros, no modelo para os diferentes lagos alvo de estudo.

O ficheiro *dat* abarca toda a informação relativa às constantes da parte ecológica e dos nutrientes, isto é, contém os valores relativos à produção dos biotas e dos nutrientes para as diferentes equações do modelo inerentes aos parâmetros do ficheiro anterior (Fig. 5.7).

Estes são os parâmetros de calibração relativos ao estudo da vertente ecológica dos sistemas aquáticos que quantifica e relaciona todos os ciclos considerados no modelo, nomeadamente, a afinidade da temperatura, luminosidade, oxigénio dissolvido como factores limitantes. A título de exemplo, a produção do fitoplâncton que consequentemente se relaciona com a produção do zooplâncton os factores de crescimento e mortalidade e muitas

outras correlações consideradas no modelo como podemos depreender da leitura do ficheiro *dat* (anexo VIII).

```
! CAEDYM v2.1 Configuration File: BigLake
11      Driver Mode (5=ELCOM, 11=DYRESM)
!-----!
! I/O Configuration:
dycd_3spec.dat      Parameters file
dycd_3spec.int      Initial conditions file
NULL               Inflow forcing file
NULL               3D forcing file
T                  Print progress messages to screen
T                  Write debug information to file (debug.dat)
1.0                Print time step (days)
120.0              Time series time step (minutes)
1 1 -61.0           Time series location
T                  Print integrated time series files
!-----!
! Biological Configuration:
! PHYTOPLANKTON-----
1      Number of Phyto groups to simulate
2      Phyto groups being simulated
1      Carbon or Chlorophyll-a units: 1=chl curr., 2=C curr. & chl params, 3= C curr. & C params
1      Number of phyto. groups with internal nitrogen stores
2      Phytoplankton groups with internal nitrogen stores
1      Number of phyto. groups with internal phosphorus stores
2      Phytoplankton groups with internal phosphorus stores
0      Number of phyto. groups with internal carbon stores
0      Number of phyto. groups with toxin/metabolite production
0      Number of groups able to fix nitrogen
1e-3      Minimum allowable biomass for phytoplankton
T          Direction of advection of motile phytoplankton
T          Stokes settling into the sediment
F          Motile settling into the sediment
0          Phytoplankton time series group
! ZOOPLANKTON-----
0      Number of Zooplankton Groups to simulate
1e-3      Minimum allowable biomass for zooplankton
0      Zooplankton time series group
! FISH-----
0      Number of fish groups to simulate
0      Fish time series group
! MISCELLANEOUS-----
0      Number of pathogen groups to simulate
0      Number of jellyfish groups to simulate
0      Number of seagrass groups to simulate
0      Number of macroalgae groups to simulate
0      Number of Clam/Mussel groups to simulate
0      Number of other invertebrate groups to simulate
1e-2      Minimum allowable biomass for all other species
0      Jellyfish ts group
0      Seagrass time series group
0      Macroalgae time series group
0      Invertebrate time series group
!-----!
! Nutrient/Chemistry Configuration:
T          Simulate colour / tracer
T          Simulate metals (Al, Fe & Mn)
T          Simulate suspended solids
F          Simulate refractory carbon
T          Simulate pH & DIC
F          Simulate Bacterial Biomass
1          Method of sediment nutrient flux calcs
F          Type of sediment oxygen flux model
F          Output method for sediment oxygen
!-----!
! Miscellaneous Configuration:
T          Simulate settling (& migration for phytos)
T          Simulate resuspension
0          Experimental configuration flag
0          3D variables subject to error analysis
T          Forcing domain for 3D forcing
T          Sparse locations where inflows are written
0          Open boundary condition type (0 = no open boundaries)
0          Type of water system
1          Along-river init: Start sparse coordinate; lower bank
442       Along-river init: Start sparse coordinate; upper bank
4          Along-river init: Initial search direction, start edge
1423      Along-river init: End sparse coordinate; lower bank
1476      Along-river init: End sparse coordinate; upper bank
4          Along-river init: Initial search direction, end edge
0          Number of salinity divisions for time series output
-1. 10. 25. 99.    Salinity bounds for time series output
!-----!
```

Fig. 5.6. Exemplo do formato de configuração do ficheiro *con*, com as diversas variáveis biológicas, variáveis químicas (nutrientes) e outras variáveis associadas.

```

! CAEDYM PARAMETER FILE: Valid for v2.3 only
!-----!
! LIGHT constants *****!
!-----!
!-- Extinction FractionOfIncidentSW Bandwidth !
1.00000 0.410 : NIR, Near InfraRed
0.30000 0.450 : PAR, Photosynthetically Active
1.50000 0.035 : UVA, UV-A Region
2.50000 0.005 : UVB, UV-B Region
!-----!
! PHYTOPLANKTON constants *****!
!-----!
! Pmax (/day) : Maximum potential growth rate of phytoplankton !
0.60000 ! DINOF
1.00000 ! CYANO
0.90000 ! NODUL
0.80000 ! CHLOR
1.00000 ! CRYPT
1.30000 ! MDIAT
1.14000 ! FDIAT
! Ycc (mg C/mg chl a) : Average ratio of C to chlorophyll a !
300.00000 ! DINOF
40.00000 ! CYANO
40.00000 ! NODUL
40.00000 ! CHLOR
180.00000 ! CRYPT
40.00000 ! MDIAT
40.00000 ! FDIAT
!-----!
! Light limitation (2=no photoinhibition, 3=photoinhibition) !
! algt (no units) : Type of light limitation algorithm !
3 ! DINOF
2 ! CYANO
2 ! NODUL
2 ! CHLOR
2 ! CRYPT
2 ! MDIAT
2 ! FDIAT

```

Fig. 5.7. Exemplo do formato de configuração, de uma fracção, do ficheiro *dat*, com os valores das variáveis relativas à radiação solar e de algumas constantes do fitoplâncton (O ficheiro completo encontra-se no anexo VIII).

Relativamente ao ficheiro com a extensão *int*, este encerra toda a informação referente aos *inputs* no sistema em estudo, isto é, os dados que são contabilizados referentes a um ou mais caudais que entram nos lagos e a quantidade de substâncias que cada caudal acarreta.

Como exemplo, a figura 5.8 representa parte da informação utilizada na simulação da lagoa Verde (Lagoa das Sete Cidades), nomeadamente, os primeiros 26 dias do ano de 2004. Como podemos observar, neste caso, no cabeçalho da tabela estão identificados os parâmetros físicos e químicos considerados no modelo.

Na coluna da esquerda são apresentados os dias do ano ou anos que decorrerá a modelação. Este registo tem de ser contínuo, apesar de não haver dados medidos para todos os dias considerados.

5. MODELAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA

2005 -- Lake Verde																							
2 # number of inflows																							
Verde1																							
contaminacao																							
YrDayNum	InfNum	VOLUME	TEMPTURE	SALINITY	DO	POCL	DOCL	DIC	SSOL1	SSOL2	COL	PO4	POPL	PONL	NH4	NO3	SiO2	PH	FE2	TFE	MN2	TMN	
2004001	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004001	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004002	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004002	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004003	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004003	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004004	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004004	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004005	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004005	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004006	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004006	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004007	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004007	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004008	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004008	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004009	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004009	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004010	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004010	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004011	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004011	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004012	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004012	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004013	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004013	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004014	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004014	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004015	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004015	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004016	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004016	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004017	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004017	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004018	1	2520.64	16	0	9	0.7	5.18	8	145.82	0	11.27	0.25	0.07	0.77	0.19	0.25	10	8.5	0.22	0.62	0.02	0.04	
2004018	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004019	1	1069.12	16	0	9	0.7	5.18	8	85.7	0	11.27	0.25	0.07	0.77	0.19	0.25	10	8.5	0.22	0.62	0.02	0.04	
2004019	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004020	1	1069.12	16	0	9	0.7	5.18	8	85.7	0	11.27	0.25	0.07	0.77	0.19	0.25	10	8.5	0.22	0.62	0.02	0.04	
2004020	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004021	1	1276.48	16	0	9	0.7	5.18	8	94.29	0	11.27	0.25	0.07	0.77	0.19	0.25	10	8.5	0.22	0.62	0.02	0.04	
2004021	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004022	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004022	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004023	1	8534.08	16	0	9	0.7	5.18	8	394.88	0	11.27	0.25	0.07	0.77	0.19	0.25	10	8.5	0.22	0.62	0.02	0.04	
2004023	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004024	1	2140.48	16	0	9	0.7	5.18	8	130.07	0	11.27	0.25	0.07	0.77	0.19	0.25	10	8.5	0.22	0.62	0.02	0.04	
2004024	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004025	1	1518.4	16	0	9	0.7	5.18	8	104.31	0	11.27	0.25	0.07	0.77	0.19	0.25	10	8.5	0.22	0.62	0.02	0.04	
2004025	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
2004026	1	0	16	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8.5	0	0	0	0	
2004026	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	

Fig. 5.8. Fracção do ficheiro de configuração relativo às entradas de nutrientes, no caso particular, os primeiros 26 dias do ano de 2004 na Lagoa Verde das Sete Cidades.

Os dias do ano estão repetidos, uma vez que foram considerados duas entradas para a lagoa: a primeira relativa aos nutrientes que entram no através das linhas de água superficiais e segunda relativa ao *input* de CO₂ de “origem vulcânica” que será simulada através de um caudal (volume) de 1000 m³/dia e com diferentes concentrações de dióxido de carbono (DIC).

O ficheiro com a extensão *int* abarca toda a informação relativa às condições iniciais do modelo, que se pretende correr, em relação aos parâmetros presentes no ficheiro e ao longo da coluna de água.

Esta extensão está formatada por blocos relativos à configuração de cada parâmetro e que obedecem a um método de preenchimento específico. Existem seis métodos diferentes de configuração para cada variável e cada método exige valores diferentes para os *input*. No trabalho desenvolvido, utilizaram-se dois tipos de métodos diferentes.

Um destes arranjos tem como código a designação *IN_I* e configura uma série de dados ao longo da coluna de água, de uma forma linear. Neste tipo de formato, existem quatro entradas para cada parâmetro do ficheiro. Como se observa na figura 5.9, para o oxigénio dissolvido (DO), a primeira entrada, a vermelho, introduz-se o número de amostragens efectuadas na Lagoa Verde ao longo do perfil. Na segunda linha, a azul, identifica-se as cotas relativas às amostragens efectuadas. Os valores, com a cor verde, dizem respeito às leituras efectuadas, para este elemento, nas diferentes profundidades identificadas na linha anterior. Na última linha e a amarelo, encontra-se o valor relativo à análise efectuada no sedimento para o oxigénio dissolvido.

O segundo código utilizado, *CO_I*, configura uma constante para um determinado domínio. Os parâmetros com esta identificação têm dois tipos de entradas. A primeira linha configura o valor determinado na coluna de água para o parâmetro com este código e na segunda linha introduz-se o valor analisado no sedimento.

Os códigos utilizados neste ficheiro configuram a informação inicial do modelo ao longo do perfil, não permitindo variações laterais devido a corresponder a um modelo unidimensional.

A extensão tem de ser encerrada com a terminação *EOF*, no final dos blocos existentes, para que o modelo possa correr a simulação (anexo IX).

```

3D DATA
FDIAT
IN_I
    3
    0 20 20
    5.5 2.5 0.01
    0.001
CYANO
IN_I
    3
    0 10 15
    3.58 1.58 0.01
    0.001
IN_CYA
CO_I
    -2
    0
IP_CYA
CO_I
    -0.1
    0
IN_FDI
CO_I
    -2
    0
IP_FDI
CO_I
    -0.1
    0
DO
IN_I
    22
    0 1 2 3 4 5 6 7 8 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
    14.9 14.9 14.9 14.9 14.7 14.7 14.7 14.7 14.7 14.3 14.3 14.3 12.7 12.5 12.4 12.3 12.3 11.3 11.3 11.3 11.3
    0.01
NH4
CO_I
    0.0075
    1000
NO3
IN_I
    10
    0
    0.1
    0.047
    2
    0.1
    6
    0.1
    8
    0.1
    10
    0.1
    12
    0.1
    14
    0.11
    16
    0.12
    18
    0.12
    20
    0.12

```

Fig. 5.9. Exemplo da configuração de uma fracção do ficheiro *int*, para a Lagoa Verde.

A extensão *met* contém toda a informação relativa aos dados meteorológicos utilizados pelo modelo, durante o período de simulação (Fig. 5.10). Deste modo, é necessário introduzir, na coluna da esquerda, os dias em que decorrerá a simulação (anexo X).

Os dados meteorológicos dizem respeito, em concreto, à radiação de onda comprida e curta diária, à temperatura do ar atmosférico, à pressão de vapor, à velocidade do vento e à precipitação diária.

O ficheiro com a extensão *par* corresponde aos valores dos parâmetros hidrodinâmicos dos sistemas aquáticos. Estes valores são calculados por diferentes equações e dizem respeito ao volume do coeficiente de transporte

aerodinâmico momentâneo, do reflexo da superfície da água, do limite da velocidade do vento, da hora do dia que ocorre (m) o(s) output(s), do coeficiente de entrada do ar atmosférico, do coeficiente da força entre diferentes densidades, da eficiente remoção da produção, da energia potencial de mistura, da eficiente agitação do vento, do coeficiente da área superficial efectiva e do coeficiente vertical de agitação (Fig. 5.11).

<#3>						
Meteorology from LDS						
86400						
CLOUD_COVER						
FLOATING 2						
CWRDATE	SW	CLOUD_COVER	TEMP	VP	WS	RAIN
2004001	84.11	0.25	15.37	15.2	8.84	0
2004002	83.05	0.59	17.42	16	10.06	0
2004003	71.78	0.08	18.08	16.11	10.36	0
2004004	82.71	0.8	18.06	17.23	11.27	0
2004005	82.89	0.41	15.86	14.56	9.87	0
2004006	72.97	0.63	13.39	12.54	8.47	0
2004007	53.81	0.75	14.27	14.59	9.6	0
2004008	65.05	0.75	14.8	12.63	12.52	0
2004009	77	0.75	15.28	15.15	11.26	0
2004010	114.66	0.78	15	15	8.24	0
2004011	82.88	0.68	15.49	15.25	9.84	0
2004012	100.32	0.41	16.24	15.1	10.14	0
2004013	108.03	0.6	15.13	13.11	9.72	0
2004014	43.04	0.8	16.52	15.62	11.51	0
2004015	93.19	0.75	14.81	12.43	10.71	0
2004016	67.24	0.66	15.33	13.06	10.39	0
2004017	107.05	0.4	16.26	15.1	13.55	0
2004018	129.3	0.53	15.88	16.05	13.37	0.0088
2004019	89.67	0.35	16.44	15.71	11.08	0.0004
2004020	83.13	0.5	16.76	15.17	10.81	0.0004
2004021	104.88	0.8	16.18	14.94	9.66	0.0016
2004022	131.17	0.75	17.35	14.44	11.49	0

Fig. 5.10. Parte do ficheiro relativo aos dados meteorológicos, para os primeiros 22 dias, utilizados na configuração do modelo na Lagoa Verde. SW – radiação solar; Cloud cover – nebulosidade; Temp – temperatura; VP – pressão de vapor; WS – velocidade do vento; Rain – precipitação.

O ficheiro que encerra toda a informação sobre os dados morfométricos, com a extensão *stg* descreve as características físicas dos lagos, especificamente, a latitude em relação à localização do lago em estudo, a distância vertical em relação ao nível do mar, o ponto de elevação zero acima de um dado valor arbitrário e a elevação da saída da água do lago determinado acima do referido valor arbitrário. Em relação às entradas (*inputs*), inclui o número, a altura, o grau de inclinação e o nome dos *inputs*. Relativamente às saídas (*outputs*), os dados estão organizados em conformidade com o número e a elevação dos *outputs*. Na parte final do ficheiro, entra a informação relativa à elevação, à área e ao volume em função da morfometria do lago, isto é, em relação às diferentes camadas ao longo da coluna de água (Fig. 5.12).

```

<#7>
Parameters File for DYCD 4.0.0
1.3E-3 # bulk aerodynamic mmt. transport coeff.
0.08 # mean albedo of water
0.96 # emissivity of a water surface (Imberger & Patterson [1981,p316])
3.00 # critical wind speed [m s^-1]
36000 # time of day for output of results [s] after midnight
0.006 # bubbler entrainment coefficient (priv comm Imberger 2000)
0.083 # buoyant plume entrainment coeff. (Fischer et al., 1979)
0.06 # shear production efficiency (eta_K)
0.20 # potential energy mixing efficiency (eta_P)
0.4 # wind stirring efficiency (eta_S)
1.0E+07 # effective surface area coeff. (Yeates et al.)
1.4E-5 # BBL dissipation coeff. (Yeates et al.)
200 # vertical mixing coeff. (Yeates et al.)
=====

```

Fig. 5.11. Ficheiro de configuração dos parâmetros hidrodinâmicos nos sistemas aquáticos. O exemplo da figura refere-se aos valores utilizados nos diferentes lagos estudados.

```

<#3>
Comment line morphometry
37 # latitude
350 # height above MSL
2 # number of inflows
SURF 80 0.24 0.016 Verde1 # entry height, 1/2-angle, slope, drag coeff, name
0.2 80 0.2 0.016 contaminacao # entry height, 1/2-angle, slope, drag coeff, name
307 # zero-ht (i.e., bottom elev.)
328 # crest e [m]
1 # number of outlets
323 # outlet elevation (m)
16 # number of stg survey points after header line
Elev [mAHD] A [m2] V [m3]
308 1.00E+03 100
309 4.78E+04 10000
311 1.37E+05 200000
313 2.13E+05 400000
315 2.81E+05 412390
317 3.44E+05 986256
319 4.04E+05 1682978
321 4.65E+05 2502556
323 5.26E+05 3444990
325 5.89E+05 4510280
327 6.54E+05 5698426
329 7.20E+05 7009428
331 7.87E+05 8443286
333 8.53E+05 10000000
338 9.92E+05 14429280
343 1.05E+06 19626410

```

Fig. 5.12. Ficheiro de configuração dos dados morfométricos da Lagoa Verde (Sete Cidades).

A extensão *wdr* regista os dados relativos às saídas do sistema. Este ficheiro tem que estar em conformidade com o que entra no lago, de modo a não ocorrerem erros na variação da amplitude da coluna água no lago. De uma forma geral, o que sai tem que ser igual ao que entra nos lagos. A Fig. 5.13 exemplifica a formatação destes dados para a Lagoa Verde. O número de *outputs* considerados neste lago foi de 1 e os dias considerados estão conforme os dias existentes no ficheiro que configura as entradas (anexo XI).

Lake withdrawals - labels refer to distances below FSL (116.72)	
1	# number of outflows
YrDayNum	mosteiros
2004001	0
2004002	0
2004003	0
2004004	0
2004005	0
2004006	0
2004007	0
2004008	0
2004009	0
2004010	0
2004011	0
2004012	0
2004013	0
2004014	0
2004015	0
2004016	0
2004017	0
2004018	2520.64
2004019	1069.12
2004020	1069.12
2004021	1276.48
2004022	0
2004023	8534.08
2004024	2140.48
2004025	1518.4
2004026	0

Fig. 5.13. Exemplo do ficheiro de configuração relativo às saídas da Lagoa Verde, para os primeiros 26 dias.

O ficheiro com a extensão *pro* contém os valores iniciais de temperatura e salinidade nas diferentes profundidades consideradas ao longo do perfil, para o primeiro dia de simulação. Como se observa na figura 5.14, existem 22 pontos considerados a que correspondem os valores de temperatura e salinidade medidos na Lagoa Verde.

Yr_jan_day	LAYERS	
22		
HEIGHT	TEMP	SAL
0	15.19	0.1
1	15.19	0.1
2	15.19	0.1
3	15.19	0.1
4	15.19	0.1
5	15.19	0.1
6	15.19	0.1
7	15.19	0.1
8	15.19	0.1
9	15.19	0.1
10	15.19	0.1
11	15.19	0.1
12	15.19	0.1
13	15.19	0.1
14	15.19	0.1
15	15.19	0.1
16	15.19	0.1
17	15.19	0.1
18	15.19	0.1
19	15.19	0.1
20	15.19	0.1
21	15.19	0.1

Fig. 5.14. Ficheiro que configura os dados de temperatura e salinidade para o início da simulação.

Por último, a extensão *fld* compreende alguns dados experimentais do modelo. Este ficheiro é opcional e tem como objectivo auxiliar o processo de calibração, pois torna possível efectuar comparações entre os dados simulados e experimentais. A informação nele contida é organizada por dia de amostragem, como se pode observar na figura 5.15.

Yr_Jul_day	layers		
2004048	6		
DEPTH	WTR_TEMP	DO	PO4
0	14.4	9.7	0.005
2.5	14.3	10	0.003
5	14.2	9.6	0.003
10	14.1	9.6	0.003
15	14.1	9.6	0.003
21	14	9.6	0.003
Yr_Jul_day	layers		
2004132	6		
DEPTH	WTR_TEMP	DO	PO4
0	18.7	8.8	0.003
2.5	18.1	9.5	0.003
5	16	9.7	0.003
10	15.1	8.7	0.003
15	15.1	6.5	0.003
21	14.6	3.9	0.007
Yr_Jul_day	layers		
2004188	6		
DEPTH	WTR_TEMP	DO	PO4
0	22.1	9.7	0.005
2.5	21.8	9.4	0.005
5	20.8	9.1	0.006
10	15.6	6.4	0.003
15	15.6	2.7	0.004
21	15.1	0.2	0.067
Yr_Jul_day	layers		
2004315	6		
DEPTH	WTR_TEMP	DO	PO4
0	16.5	7.8	0.003
2.5	16.5	7.8	0.003
5	16.4	7.8	0.003
10	16.4	7.8	0.003
15	16.4	6.4	0.003
21	14.7	1	0.088
EOF			

Fig. 5.15. Ficheiro que encerra alguns dados experimentais relativos às épocas do ano que existe estratificação de origem térmica e quando a mesma é esbatida. WTR_TEMP – temperatura; DO – oxigénio dissolvido; PO₄ – ião fosfato.

A primeira linha diz respeito à data (*Yr_Jul_day*) e ao número de pontos amostrados (*layers*) em profundidade (*depth*) a que correspondem os valores analisados para os três parâmetros considerados no ficheiro: a temperatura, o oxigénio dissolvido e o ião fosfato.

À semelhança do ficheiro com a extensão *int*, este ficheiro de configuração também deve ser encerrado com a designação *EOF* na última linha da folha.

Inicialmente, preparou-se o programa para modelar os primeiros 4 anos (2004 a 2007), do período de 10 anos considerado. Para configurar os ficheiros

correspondentes ao ano de 2004 utilizaram-se os dados cedidos pela DROTRH. Os ficheiros de configuração, correspondentes aos anos de 2005 a 2007, foram preenchidos com os dados recolhidos no campo para a preparação da presente dissertação. Esta metodologia foi possível de desenvolver, na estruturação dos diferentes ficheiros de configuração, devido aos lagos apresentarem características físico-químicas e biológicas cíclicas e estáveis, como já foi discutido anteriormente. Deste modo, os ficheiros de configuração utilizados na preparação do modelo são mais robustos, devido à existência de dados de campo mais completos no provimento dos ficheiros relativos aos 366 dias do ano de 2004 e seguintes. Após o modelo ter sido calibrado para este intervalo de tempo, utilizou-se a mesma metodologia na formatação das diferentes extensões para se proceder à execução dos cenários para 10 anos, objectivo final do estudo.

5.4.1. Calibração

O resultado dos cinco anos simulados foi calibrado para os dados atmosféricos, relativamente à parte hidrodinâmica do modelo. Este facto contradiz os resultados apresentados por outros autores (Imberger e Patterson (1990; Hamilton e Schladow, 1997; Hornung, 2002; Copetti *et al.*, 2006), nomeadamente, no que se refere à resposta do *DYRESM* em diferentes lagos internacionais e que sempre apresentou resultados congruentes com os registados nas diferentes massas de água, independentemente do objectivo do estudo desenvolvido.

No presente estudo, a necessidade de calibração do modelo, relativo à parte hidrodinâmica, deveu-se ao facto de os dados meteorológicos utilizados na configuração do modelo, serem registados, de uma forma geral, para todos os lagos estudados, por postos hidrométricos e estações meteorológicas afastados destes sistemas lacustres e muitas vezes localizados a altitudes significativamente mais elevadas. Deste modo, os dados registados para a velocidade do vento, factor de extrema importância na estabilidade da estratificação da coluna de água devido às diferenças de densidade decorrente do gradiente de temperatura, apresentam valores mais extremos daqueles registados à superfície dos lagos, uma vez que estes, na maioria dos casos,

além de se situarem a cotas inferiores relativamente às estações meteorológicas, também estão protegidos naturalmente pelas crateras envolventes.

O mesmo raciocínio é desenvolvido para a taxa de radiação solar absorvida à superfície dos lagos. Se as crateras dos vulcões abrigam os lagos de ventos mais fortes, também impedem a radiação solar de atingir directamente estes sistemas lacustres a certas horas do dia, nomeadamente, ao nascer e pôr-do-sol. Deste modo, o registo deste parâmetro nas diferentes estações meteorológicas deverá ser diferente daquele que atinge estas massas de água.

Também os dados meteorológicos disponíveis, e que foram utilizados na configuração dos ficheiros apresentam falhas no registos dos valores, tanto pela falta de dados, como de alguns erros existentes nas séries. Estas falhas foram colmatadas pelo cálculo dos valores em falta. Este factor também contribui para a discordância entre o resultado do modelo e os dados verificados no campo.

A calibração do modelo hidrodinâmico foi conseguido pela manipulação dos dados meteorológicos constantes do ficheiro *met*, particularmente, na diminuição da velocidade do vento em certos períodos do ano, o que permitiu a estabilização da estratificação da coluna de água durante o período que esta ocorre. Os valores relativos à temperatura e pressão de vapor foram ligeiramente corrigidos no período em que se regista a diminuição da temperatura entre a superfície e o fundo dos lagos, de modo que a linha que reflecte o comportamento deste parâmetro na coluna de água seja congruente com os resultados obtidos no terreno. Deste modo, foi possível atingir uma situação de compromisso, como se verifica na figura 5.16.

Relativamente a outros parâmetros, verificou-se que no caso do pH e oxigénio dissolvido, os resultados apresentados pelo modelo estão ajustados com os valores verificados nesta lagoa (Fig. 5.17 e 5.18). No entanto, alguns valores de pH amostrados na Lagoa Verde são mais elevados comparativamente aos do modelo (Fig. 5.17). Estes valores mais elevados de pH ocorrem nos meses mais quentes do ano e estão directamente relacionados com os processos de eutrofização, nomeadamente blooms algais,

que no presente caso, não foram sujeitos a uma calibração. Como já referido anteriormente, optou-se apenas pela calibração dos parâmetros físico-químicos para os quais havia dados disponíveis. Por exemplo, o pH é um reflexo da interacção entre muitas variáveis. A calibração do fitoplankton não foi efectuada, pois iria exigir uma abordagem diferente ao modelo, quer em número de dados experimentais necessários, bem como no tempo necessário para a sua calibração. Assim, as leituras que são retiradas das presentes simulações são sempre comparativas e apenas reflectem possíveis alterações do estado do sistema.

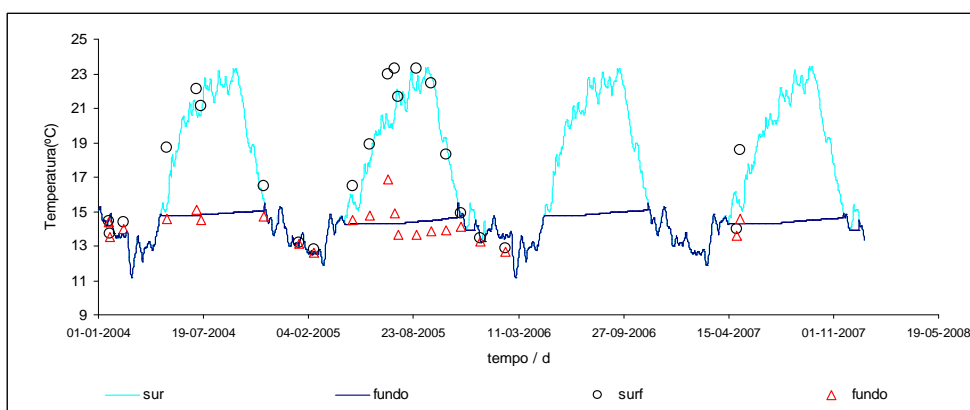


Fig. 5.16. Comparação dos resultados do modelo (linhas contínuas) e os dados de campo (pontos), relativos à temperatura, após calibração do modelo hidrodinâmico.

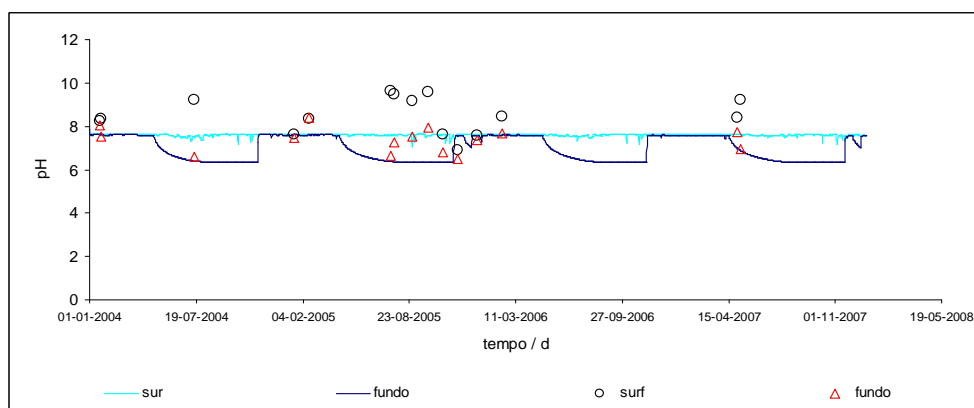


Fig. 5.17. Resultado do pH simulado pelo modelo (linhas contínuas) e comparado com os dados de campo (pontos).

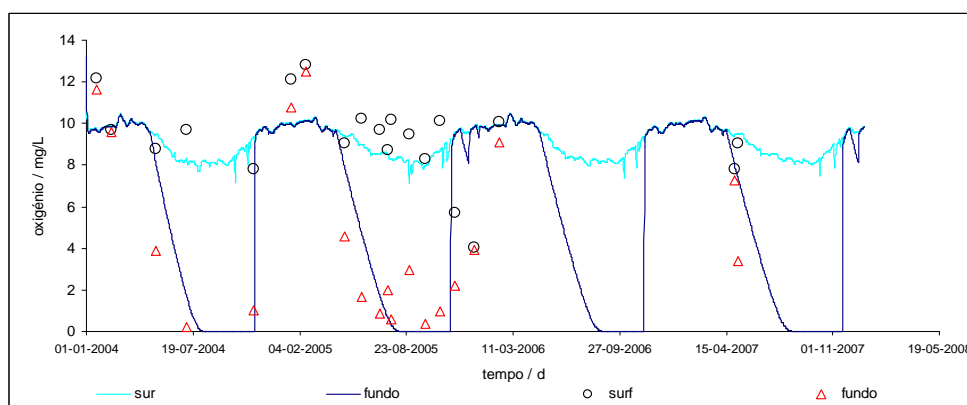


Fig. 5.18. Resultado do O_2 simulado pelo modelo (linhas contínuas) e comparado com os dados de campo (pontos).

5.4.2 Cenários

Após efectuada a calibração nos diferentes lagos e feita a verificação de todos os ficheiros, foram ensaiados diversos cenários, para um espaço temporal de 10 anos. Escolheu-se o ano de 2004 como início das simulações, por ser, sobretudo, o ano de início da presente dissertação.

O *input* de dióxido de carbono nos lagos foi simulado através da entrada do carbono inorgânico dissolvido (*DIC*), opção que existe neste modelo através de um caudal de água, configurado para entrar no fundo destes lagos, como se observa na figura 5.11.

Relativamente a este caudal e respectivas concentrações de carbono, consideramo-los relativamente baixos ($1000 \text{ m}^3/\text{d}$) quando comparados com algumas nascentes de água termal e mineral existentes na ilha de S. Miguel. Deste modo, tivemos como propósito investigar o comportamento da água dos lagos, na eventualidade de ocorrer a entrada esporádica de fluidos de origem vulcânica e com baixa concentração dos seus elementos nativos. Deste modo, pretende-se verificar se o modelo responde à entrada de pequenos caudais e reduzidas concentrações de carbono, atendendo ao volume de água que cada um destes sistemas lacustres apresenta e identificar, se possível, o tipo de alterações nos diferentes sistemas.

O *input* de dióxido de carbono simulado nos diferentes cenários foi efectuado no ano de 2004, início da modelação, através da entrada de um caudal diário

de 1000 m³ de água no fundo do lago, com concentrações de 500 mg/l, 1000 mg/l e 2000 mg/l de carbono inorgânico dissolvido (DIC).

O espaço temporal referente à entrada de água, com as diferentes concentrações de DIC foi de 31 (1 mês), 92 (3 meses) e 184 dias (6 meses), com duas entradas no ano de 2004, uma no Inverno e outra no Verão. Deste modo, fez-se um total de 20 simulações para cada uma das lagoas.

No Inverno, os inputs foram efectuados entre os dias 1 e 31 de Janeiro (1 mês), 1 de Janeiro e 31 de Março (3 meses) e 1 de Janeiro a 30 de Junho (6 meses) e no Verão entre os dias 1 e 31 de Julho (1 mês), 1 de Junho e 31 de Agosto (3 meses) e 1 de Abril a 30 de Setembro (6 meses).

No final do trabalho, decidiu-se acrescentar mais dois cenários, com o objectivo de verificar o comportamento dos lagos face à entrada de um maior caudal e concentração de *DIC*.

5.5. Resultados e Discussão

O resultado dos cenários modelados para as condições naturais de cada lago apresenta uma diminuição do carbono orgânico dissolvido ao longo do tempo (Fig. 5.19).

A diminuição do *DIC* ao longo dos anos, é devido ao programa de modelação considerar os lagos como sistemas fechados. Como se observa mais facilmente na figura 5.20, a lagoa do Fogo apresenta o maior decréscimo, entre o início e o fim da simulação. Também as diferentes concentrações de carbono apresentadas pelo modelo nos diferentes lagos, sugerem que além desta condição imposta pelo modelo, que é a razão principal para que este resultado ocorra, as condições intrínsecas de cada lago, particularmente, o estado trófico que cada um dos sistemas lacustres se encontra, contribui naturalmente para o decréscimo do *DIC* evidenciado.

A lagoa das Furnas apresenta uma concentração inferior deste elemento, ao longo dos 10 anos, comparativamente com os restantes lagos, facto que não é alheio aos 12 metros de profundidade máxima desta lagoa.

Apesar do estado hipertrófico deste lago, a sua reduzida profundidade e, principalmente, a ausência de estratificação da coluna de água, justificam os

valores de *DIC* apresentados pelo modelo. Consequentemente, o processo que leva à libertação dióxido de carbono livre na água do lago, para a atmosfera, ocorre mais rapidamente. Assim, o gráfico relativo a este lago apresenta uma concentração de *DIC* constante entre o início e fim da simulação, devido à reduzida concentração deste elemento, particularmente, na superfície da água, verificando-se uma ligeira tendência na diminuição da sua concentração nos valores do hipolimnion.

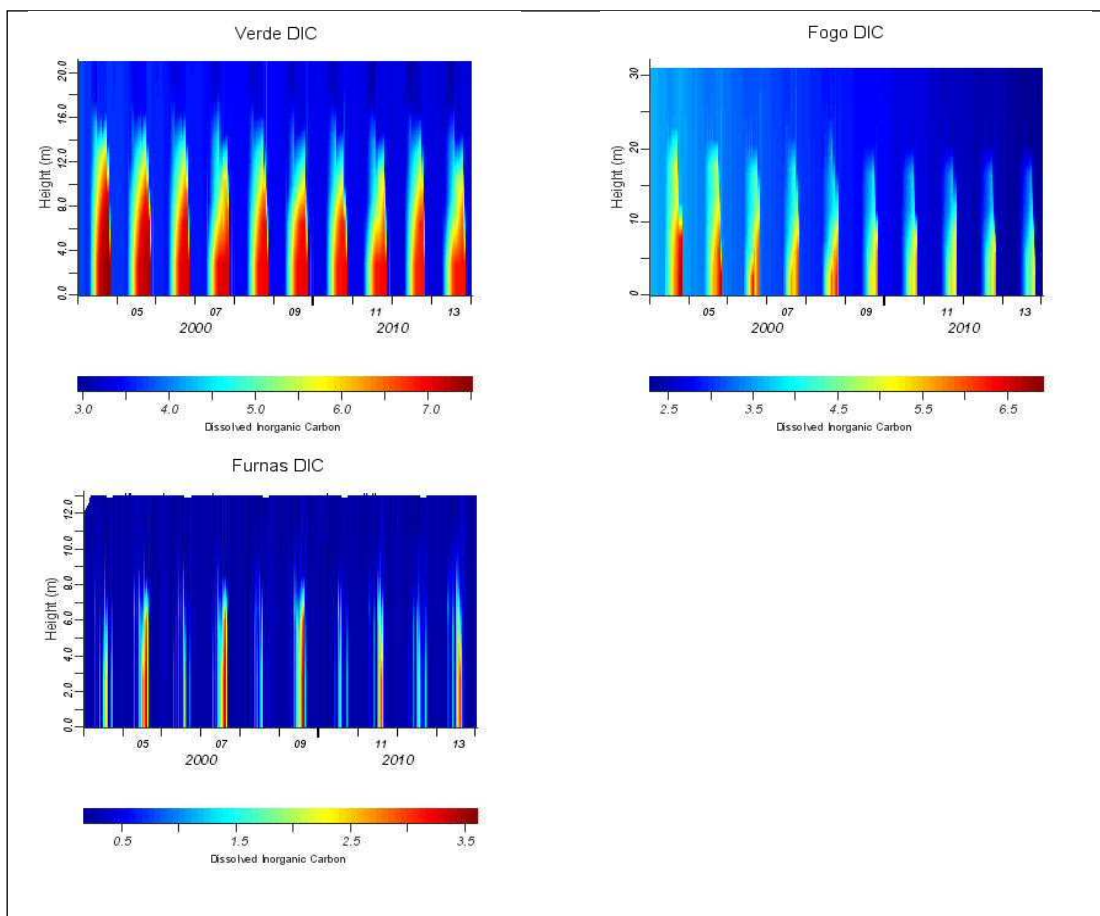


Fig. 5.19. Resultado do DIC nos 4 lagos modelados.

O pH na água dos lagos é um parâmetro directamente relacionado com o estado trófico e com as concentrações de CO_2 , nestes sistemas. Apesar deste elemento não ter sido alvo de calibração, o seu comportamento, nas simulações efectuadas nos diferentes lagos, é congruente com a discussão apresentada, o que justifica os resultados do carbono nestes sistemas lacustres (Fig. 5.21).

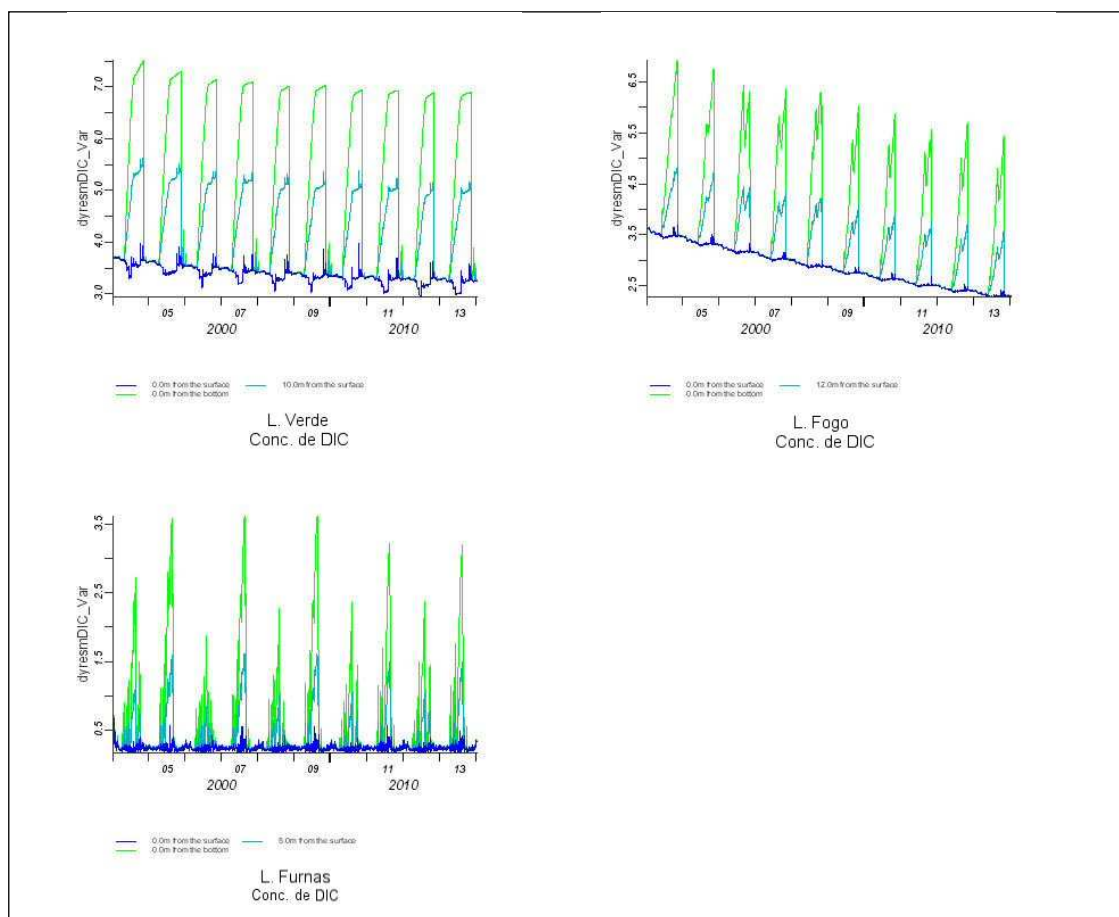


Fig. 5.20. Histogramas relativos ao comportamento do *DIC* (mg/L) nos lagos modelados.

Relativamente ao ciclo anual destes dois elementos, *DIC* e pH, como se verifica nas figuras 5.19, 5.20 e 5.21, ambos reflectem um comportamento coerente com os resultados verificados em campo. No período do ano mais frio e em que não se regista estratificação da coluna de água induzida pela diferença de densidade de origem térmica, a concentração do carbono na água é homogeneizada devido à dinâmica existente nestes sistemas, permitindo, mais facilmente, a troca deste elemento entre a atmosfera e a superfície da água.

Na época do ano em que se regista uma subida da temperatura do ar e, naturalmente, a subida da temperatura da água dos lagos, ocorre o aparecimento da estratificação da coluna de água de origem térmica. Uma vez que esta estratificação impede a mistura da água entre o *epilimnion* e o *hipolimnion*, o dióxido de carbono no fundo dos lagos é, naturalmente, retido e

a sua concentração aumenta, como patenteia o resultado apresentado pelo modelo.

O resultado do pH é concordante com o comportamento do CO_2 apresentado pelo modelo e verificado em campo, uma vez que as reacções que envolvem o dióxido de carbono nestes sistemas têm como resultado a acidificação da água e consequentemente a diminuição do valor do pH.

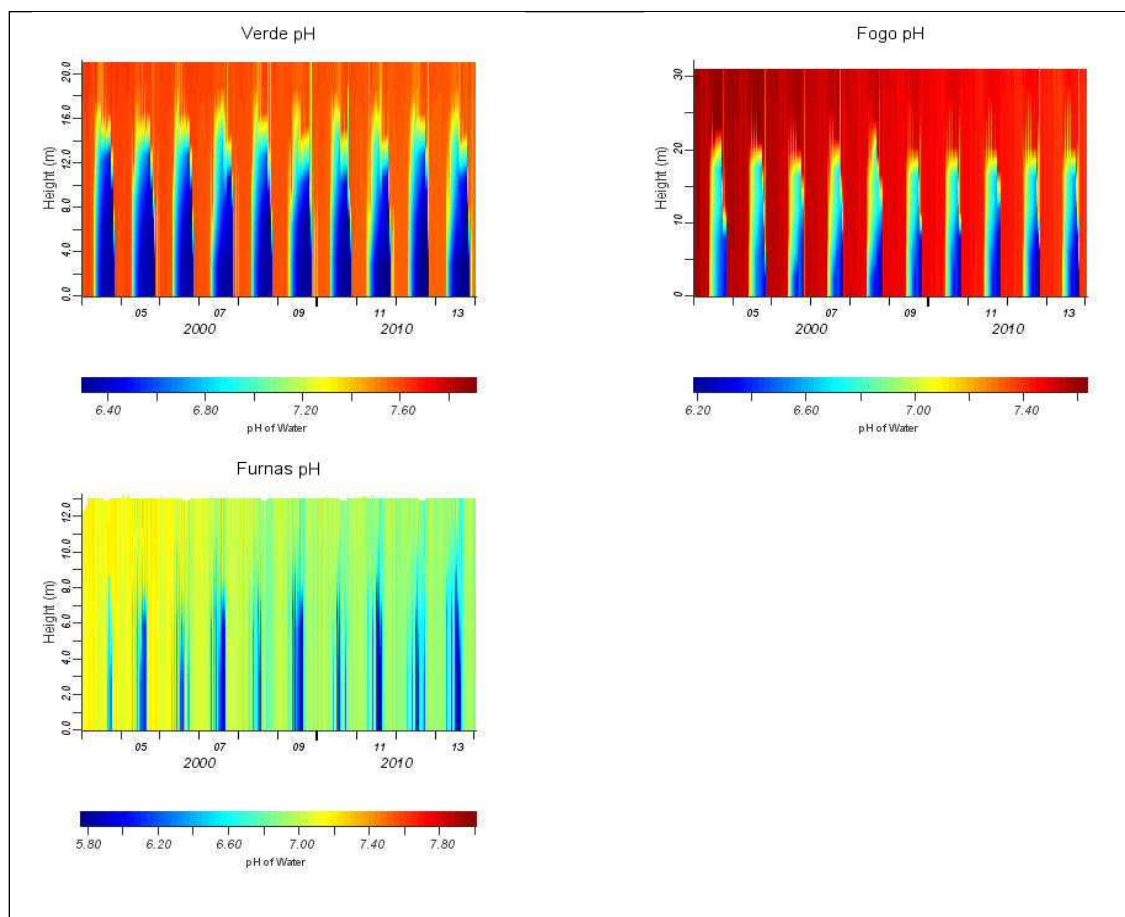


Fig. 5.21. Resultado do pH nos 4 lagos modelados.

O resultado da simulação relativamente à concentração e comportamento do carbono inorgânico dissolvido é congruente com o resultado deste elemento nos lagos localizados nas zonas temperadas do hemisfério norte e que reflectem alguns problemas na qualidade da água, nomeadamente, o estado de eutrofização que se regista de uma forma mais ou menos desenvolvida (Wetzel, 1993; Berner e Berner, 1996).

No entanto, os valores de *DIC* apresentados pelo modelo ficam aquém dos resultados obtidos nas várias amostragens efectuadas nestes lagos ao longo dos últimos anos.

Se compararmos estes resultados com os obtidos nos lagos da ilha do Pico e das lagoas da Caldeira da Lomba e da Rasa, na ilha das Flores, lagos em que o processo que controla o quimismo da água reflecte a contaminação destes sistemas por sais de origem marinha, através do transporte atmosférico (Antunes *et al.*, 2007ab), os teores de dióxido de carbono que estes lagos apresentam em profundidade estão na mesma ordem de grandeza dos simulados pelo programa DYSREM_CAEDYM.

Devido à diferença de concentração do carbono entre o modelo e os dados de campo, recorreu-se a outro modelo desenvolvido para a lagoa Verde (Sete Cidades) por Martins *et al.*, (2008), onde o objectivo foi o da construção de cenários prospectivos para a qualidade ecológica da lagoa. O modelo foi implementado no programa AQUASIM (Reicheirt, 1998), e permitiu simular o carbono inorgânico dissolvido e assim comparar os resultados dos dois modelos.

O programa AQUASIM foi desenvolvido para uma utilização mais universal na identificação e simulação de sistema lacustres. Permite averiguar processos específicos nos sistemas, assim como compreende métodos elementares na análise de diversos parâmetros e na predição de alguns parâmetros (Reichert, 1998). No entanto, é um programa menos complexo e limitado nas interacções existentes nestes sistemas, nomeadamente, nas reacções entre sedimento-água-atmosfera, bem como nos diferentes grupos de biotas.

A figura 5.22 permite constatar a concentração do dióxido de carbono total ao longo de um cenário de 4308 dias.

Curiosamente, o resultado do AQUASIM apresenta o mesmo comportamento do CO₂ que o modelo utilizado neste estudo. Isto é, verifica-se uma diminuição da concentração deste elemento logo no início da simulação. Apesar do DYSREM_CAEDYM assumir os lagos como sistemas fechados e poder implicar uma diminuição do *DIC* ao longo do tempo, este resultado permite sugerir que o modelo, configurado com os dados de campo, reequilibre

este parâmetro na dinâmica desenhada para cada lago e que a sua concentração final seja o produto das interações que ocorrem nestes sistemas aquáticos na ausência de qualquer input de origem vulcânica ou exógena aos lagos.

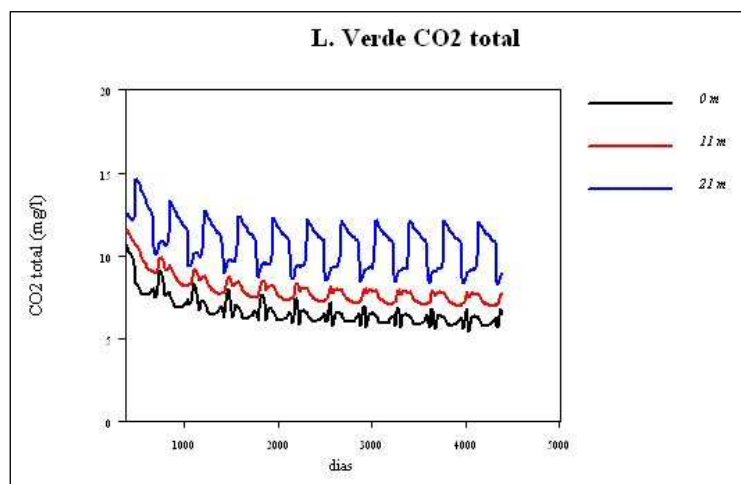


Fig. 5.22. Resultado da modelação do CO₂, na lagoa Verde das Sete Cidade, pelo modelo AQUASIM

Uma vez que o modelo não contempla qualquer influência de origem vulcânica, nomeadamente, a concentração e dinâmica deste elemento nestes sistemas, depreende-se que a maior concentração de CO₂ registada nos lagos modelados poderá ter origem na contaminação da água por este fenómeno natural, como sugerem os últimos estudos efectuados por Antunes (2003), Antunes e Cruz (2005) e Cruz *et al.*, (2006).

Assim, é possível analisar o resultado do modelo sob duas perspectivas a designar: (1) o resultado da modelação efectuada vai ao encontro das conclusões apresentadas nos últimos estudos efectuados nestes sistemas lacustres, no sentido em que a diferença de concentração existente entre o modelo e os dados de campo reflectem a contribuição de origem vulcânica no quimismo da água; (2) os resultados das lagoas da ilha das Flores e do Pico, relativamente à concentração do CO₂ ao longo da coluna de água, e também o contributo do resultado do AQUASIM, permitem sugerir que os valores de CO₂ das lagoas Verde, do Fogo, das Furnas e do Congro, deveriam apresentar valores na ordem de grandeza dos resultados da modelação. Deste modo, é

possível diferenciar estes resultados uma vez que contribuem para a validação do modelo utilizado.

O resultado da primeira simulação efectuada relativa à entrada de carbono inorgânico com a menor concentração (500 mg/l) e durante o menor período de tempo (1 mês) reflecte um ligeiro aumento do *DIC* no início do ano de 2004, com excepção da lagoa das Furnas (Fig. 5.23). Uma vez que o incremento deste elemento acontece no mês de Janeiro, altura do ano em que os fenómenos meteorológicos são mais extremos, como já referido anteriormente, a maior intensidade do vento aliada a temperaturas mais baixas induzem uma dinâmica nestes lagos que permite uma rápida mistura do carbono na água e a sua difusão para a atmosfera. Assim, verifica-se uma rápida atenuação da entrada de carbono nos lagos, à qual não é indiferente o maior volume de água nestes sistemas lacustres.

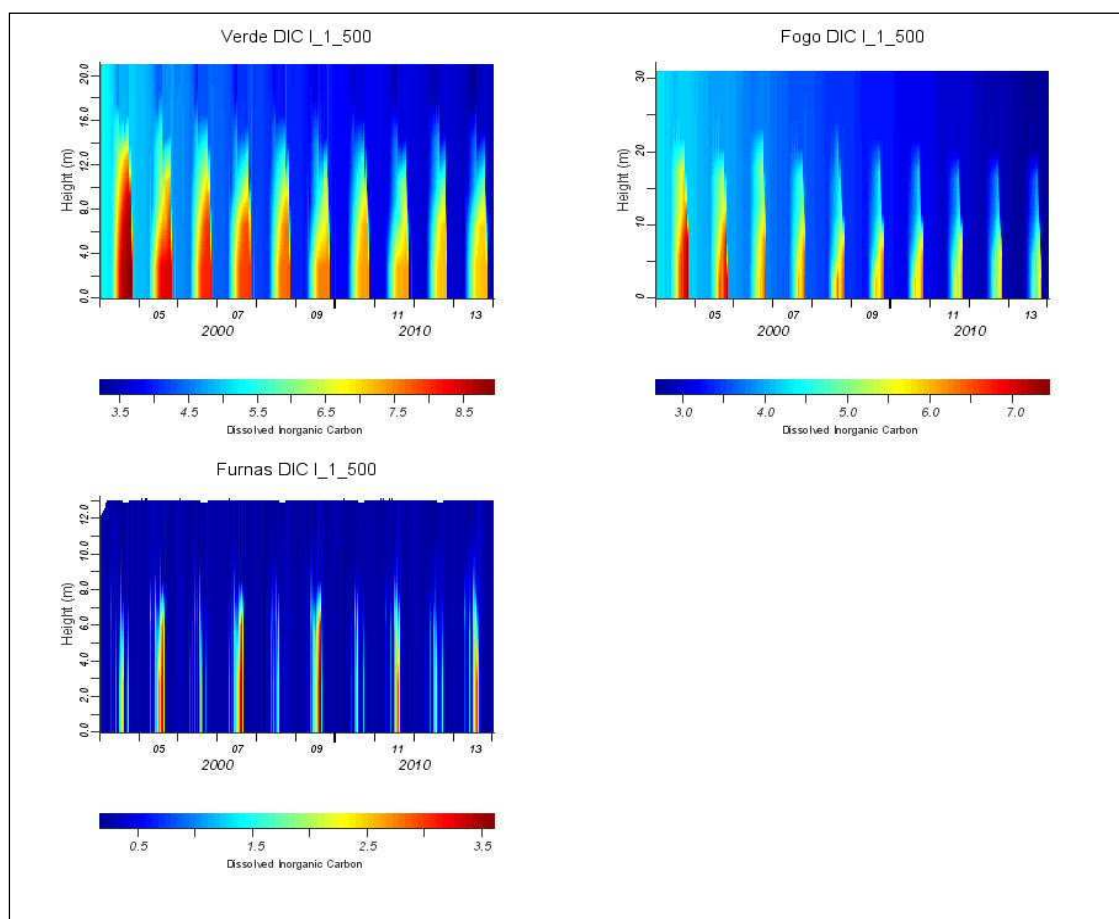


Fig. 5.23. Resultado do *input* de *DIC* simulado nos lagos para o mês de Janeiro.

A Lagoa das Furnas, como tem uma menor profundidade, permite que as correntes de convecção, geradas pelos fenómenos atmosféricos, induzam uma passagem mais rápida do carbono do hipolimnion para a atmosfera. O facto deste lago apresentar o mesmo resultado nos diferentes *inputs* simulados no Inverno, independentemente das concentrações apuradas para 1 e 3 meses, prende-se, principalmente, com a reduzida profundidade do lago (anexo XII).

Na tabela 5.2, encontra-se a chave de leitura que identifica os diferentes cenários ensaiados relativamente às figuras apresentadas.

Tabela 5.2. Chave de leitura relativa aos títulos dos cenários apresentados em conformidade com os dias de entrada de *DIC*, altura do ano e concentração de cada entrada nos diferentes lagos.

CENÁRIOS MODELADOS							
Lagoa:	31 dias (1 mês)		92 dias (3 meses)		184 dias (6 meses)		Conc. de DIC (mg/l)
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	
	1 - 31 Jan	1 - 31 Jul	1 Jan - 31 Mar	1 Jun - 31 Ago	1 Jan - 30 Jun	1 Abr - 30 Set	
Verde	Verde DIC I_1_500	Verde DIC V_1_500	Verde DIC I_3_500	Verde DIC V_3_500	Verde DIC I_6_500	Verde DIC V_6_500	500
	Verde DIC I_1_1000	Verde DIC V_1_1000	Verde DIC I_3_1000	Verde DIC V_3_1000	Verde DIC I_6_1000	Verde DIC V_6_1000	1000
	Verde DIC I_1_2000	Verde DIC V_1_2000	Verde DIC I_3_2000	Verde DIC V_3_2000	Verde DIC I_6_2000	Verde DIC V_6_2000	2000
Fogo	Fogo DIC I_1_500	Fogo DIC V_1_500	Fogo DIC I_3_500	Fogo DIC V_3_500	Fogo DIC I_6_500	Fogo DIC V_6_500	500
	Fogo DIC I_1_1000	Fogo DIC V_1_1000	Fogo DIC I_3_1000	Fogo DIC V_3_1000	Fogo DIC I_6_1000	Fogo DIC V_6_1000	1000
	Fogo DIC I_1_2000	Fogo DIC V_1_2000	Fogo DIC I_3_2000	Fogo DIC V_3_2000	Fogo DIC I_6_2000	Fogo DIC V_6_2000	2000
Furnas	Furnas DIC I_1_500	Furnas DIC V_1_500	Furnas DIC I_3_500	Furnas DIC V_3_500	Furnas DIC I_6_500	Furnas DIC V_6_500	500
	Furnas DIC I_1_1000	Furnas DIC V_1_1000	Furnas DIC I_3_1000	Furnas DIC V_3_1000	Furnas DIC I_6_1000	Furnas DIC V_6_1000	1000
	Furnas DIC I_1_2000	Furnas DIC V_1_2000	Furnas DIC I_3_2000	Furnas DIC V_3_2000	Furnas DIC I_6_2000	Furnas DIC V_6_2000	2000
Congro	Congro DIC I_1_500	Congro DIC V_1_500	Congro DIC I_3_500	Congro DIC V_3_500	Congro DIC I_6_500	Congro DIC V_6_500	500
	Congro DIC I_1_1000	Congro DIC V_1_1000	Congro DIC I_3_1000	Congro DIC V_3_1000	Congro DIC I_6_1000	Congro DIC V_6_1000	1000
	Congro DIC I_1_2000	Congro DIC V_1_2000	Congro DIC I_3_2000	Congro DIC V_3_2000	Congro DIC I_6_2000	Congro DIC V_6_2000	2000

Relativamente aos resultados dos restantes lagos, para o mesmo tipo de entradas, existe um ligeiro aumento da concentração do carbono, no período após a ocorrência do *input*. O incremento inicial de carbono é rapidamente homogeneizado na coluna de água devido aos fenómenos já supracitados e que permitem a mistura da água nestes sistemas (Wetzel, 1993). Esta situação torna-se mais evidente consoante o aumento da concentração e do tempo que decorre a entrada de *DIC*. No cenário que apresenta a maior concentração deste parâmetro durante o primeiro mês (I_1_2000), há uma ligeira diminuição da sua concentração antes do início da estratificação da água na Lagoa Verde e do Fogo. Apesar desta tendência, o dióxido de carbono permanece na água

com concentrações elevadas a estratificação da água retém este “excesso” de CO_2 e apresenta concentrações 2 vezes superiores na Lagoa Verde, com concentrações inferiores na Lagoa do Fogo. A concentração do carbono na água diminui só quando os lagos perdem a estratificação. No entanto, esta diminuição ocorre de forma pouco acentuada e perdura até ao ano de 2013 com valores muito residuais.

Nas simulações efectuadas com *inputs* de 3 meses, os cenários são semelhantes aos anteriores, verificando-se na Lagoa Verde uma maior concentração de *DIC* na entrada de maior concentração (I_3_2000), enquanto que na Lagoa do Fogo os dois últimos cenários (I_3_1000, I_3_2000) são muito semelhantes. Nestes últimos cenários, por apresentarem concentrações de *DIC* mais relevantes, torna-se mais evidente a reduzida concentração deste composto no mês de Janeiro, início das entradas de dióxido de carbono simuladas.

O facto da Lagoa Verde apresentar concentrações de *DIC* superiores deve-se, sobretudo, ao maior volume de água na Lagoa do Fogo, permitindo a diluição deste parâmetro. No entanto, este lago, ao localizar-se a uma altitude de 634 m, relativamente o dobro da altitude da lagoa Verde (333 m), permite que esteja exposto a temperaturas mais baixas e a uma maior intensidade do vento, factores que certamente contribuirão para uma maior homogeneização do dióxido de carbono na coluna de água, e por sua vez, uma célere libertação do sistema aquático.

Na lagoa das Furnas, apenas se verifica neste último cenário (I_3_2000) uma ligeira modificação em relação aos restantes, os quais permanecem com as mesmas concentrações de *DIC* independentemente dos diferentes *inputs*, referindo-se unicamente a um pequeno aumento de concentração deste elemento logo após os primeiros 31 dias de simulação. Isto acontece pelas razões anteriormente discutidas para este lago.

Relativamente à entrada de *DIC* durante os 184 dias de Inverno, a configuração dos cenários altera-se para todos os lagos (Fig. 5.24 e 5.25). Como é expectável, a concentração do carbono inorgânico dissolvido aumenta consideravelmente em todos os sistemas lacustres, apresentando valores 2

vezes superiores ao input de 92 dias com a concentração de *DIC* máxima (I_3_2000), com exceção feita aos cenários relativos à Lagoa das Furnas que apresenta resultados surpreendentes (Fig. 5.25).

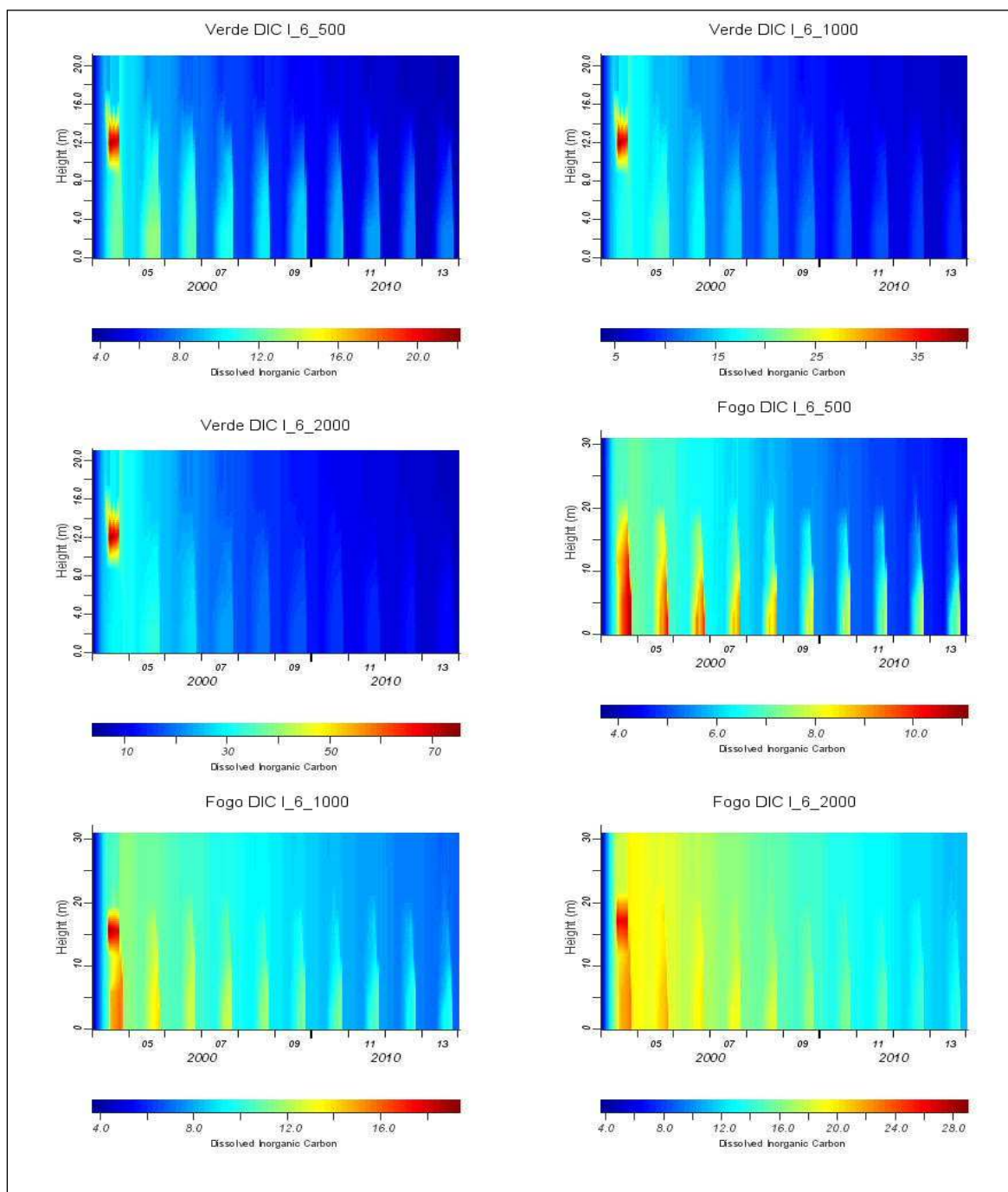


Fig. 5.24. Resultado do *input* de *DIC* simulado, na Lagoa Verde e do Fogo, para os primeiros 184 dias do ano de 2004.

Como já discutido para os cenários anteriores relativos à lagoa das Sete Cidades, é notória nestas simulações a crescente concentração do *DIC*. No entanto, o aspecto que se destaca de imediato na análise destes resultados radica na dispersão do carbono ao longo da coluna de água. As 3 simulações efectuadas apresentam uma configuração semelhante, com excepção para a concentração do carbono na água, que apresenta um aumento da sua concentração, consoante a concentração de CO_2 do *input*. A entrada deste composto decorre entre os dias 1 de Janeiro e 30 de Junho, coincidindo com a estratificação da água deste lago, que tem início no mês de Maio. Assim, verifica-se que o *DIC* retido no *hipolimnion* durante o período de estratificação da água devido à diferença de densidade de origem térmica se acumula junto ao *metalimnion*, com concentrações que variam entre os 22 e 75 mg/l entre os 7 e os 11 m de profundidade, nos 3 cenários simulados. Entre esta camada adjacente ao *metalimnion* e o fundo do lago, a concentração deste parâmetro diminui para metade. Face a este cenário, é possível extrapolar que, durante o período de estratificação da água, o perfil do CO_2 verificado no campo e também resultante dos cenários efectuados nos primeiros 92 dias em que há uma aumento do dióxido de carbono no sentido do epilimnion para o hipolimnion, se altera drasticamente resultante do incremento deste composto quando atinge uma concentração significativa.

O cenário Fogo DIC I_6_500 apresenta um resultado com uma configuração semelhante aos simulados para os 92 dias e com concentrações de *DIC* que podemos situar entre os resultados das simulações Fogo DIC I_3_500 e Fogo DIC I_3_1000. Relativamente ao resultados das outras duas simulações, estas apresentam um cenário semelhante aos resultados da Lagoa Verde, com excepção das concentrações do carbono inorgânico por serem muito inferiores e estarem relacionadas com o volume de água que este lago encerra e já anteriormente mencionado. Também se verifica um acumular de carbono junto ao *metalimnion*, à semelhança dos resultados anteriores, mas neste lago a concentração de carbono entre esta camada e o *hipolimnion* não é tão desfasada.

Neste dois lagos, após o desaparecimento da estratificação da água de origem térmica, há uma rápida diminuição da concentração do *DIC* e sua

mistura ao longo da coluna de água. No entanto, as lagoas não recuperam totalmente as concentrações de carbono iniciais.

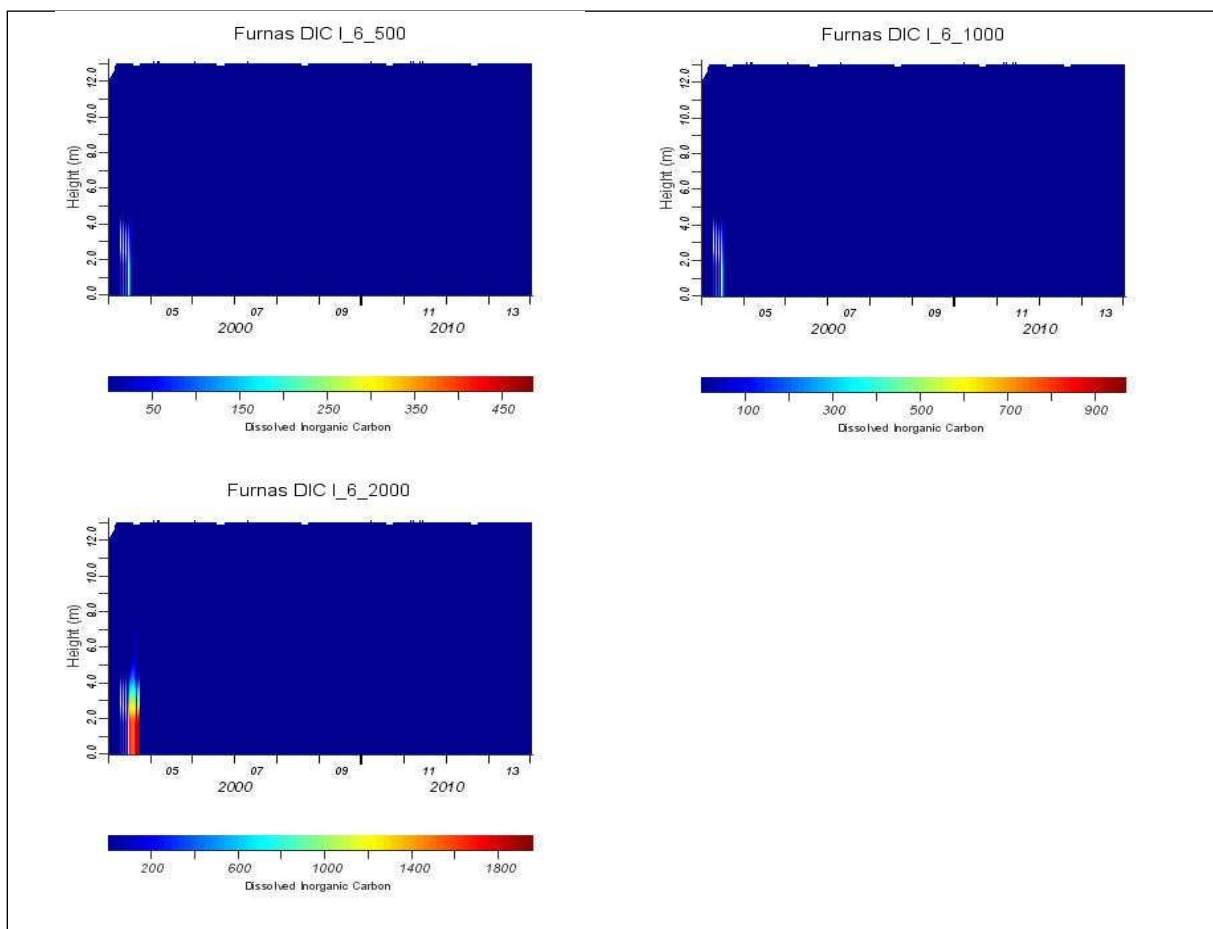


Fig. 5.25. Resultado do *input* de *DIC* simulado, na Lagoa da Furnas, para os primeiros 184 dias do ano de 2004.

O resultado dos 3 *inputs* simulados na Lagoa das Furnas, para o mesmo período de tempo, surpreende por vários aspectos.

Como se observa em todos os cenários deste lago da figura 5.26, a entrada de carbono fomenta o aparecimento de estratificação na água, que coincide com o período em que ocorre a estratificação térmica da água devido à temperatura nos outros lagos.

A calibração efectuada neste lago obedeceu aos resultados de campo onde nunca se verificou estratificação da água de origem térmica. Assim, a Lagoa das Furnas foi calibrada com a inexistência deste evento (Fig. 5.26).

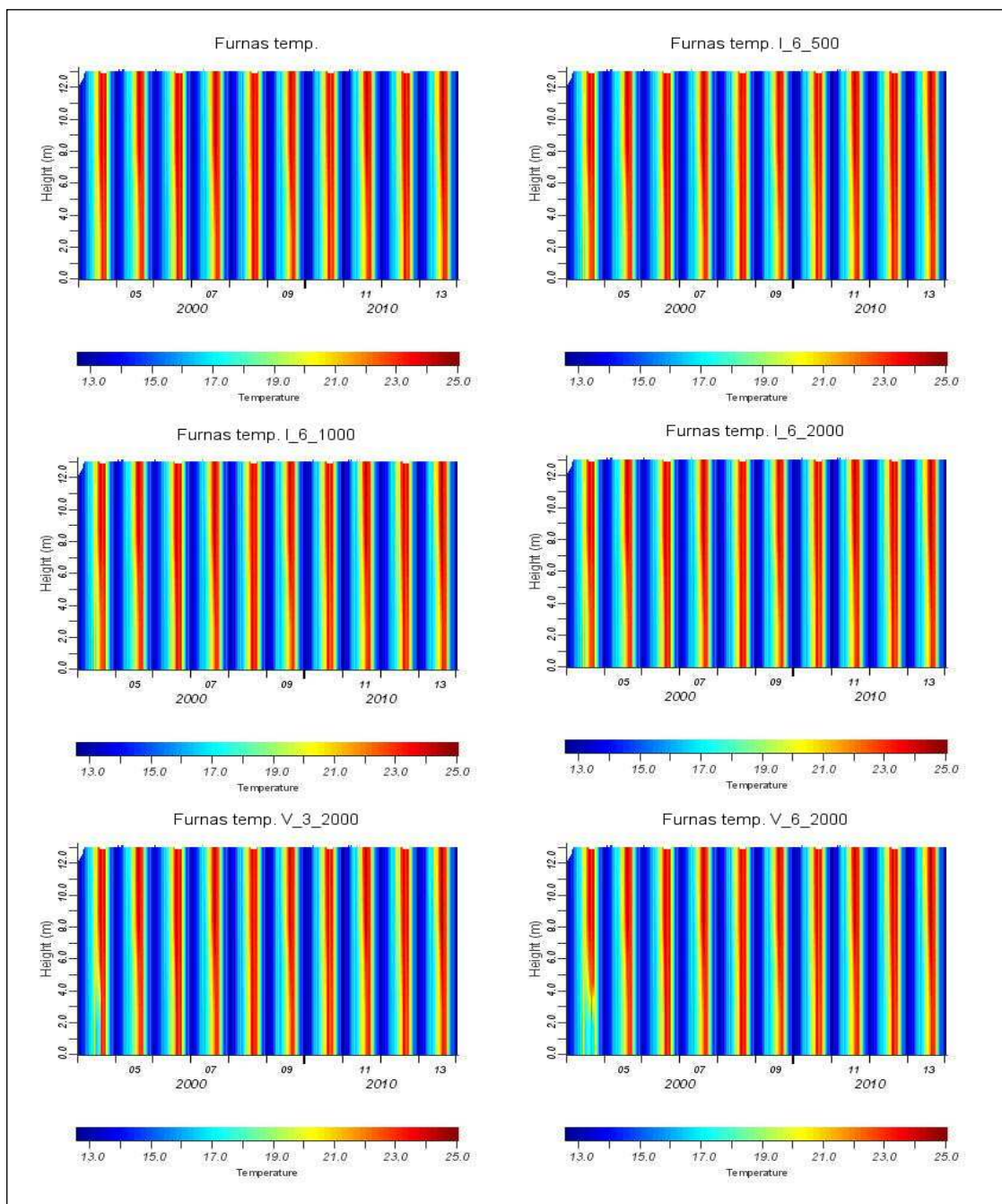


Fig. 5.26. Resultado da temperatura simulada, na Lagoa da Furnas.

Também os *inputs* relativos aos cenários simulados neste lago, foram efectuados com a temperatura do caudal de água igual à do lago. Assim, os cenários da figura 5.26, relativos à temperatura da água na Lagoa das Furnas, permitem verificar que a entrada de uma grande concentração de CO_2 resulta no aumento da temperatura da água e contribui para o aparecimento de um perfil térmico semelhante à estratificação da coluna de água (temp. V_6_2000).

No entanto, as simulações efectuadas com início em Janeiro, não apresentam qualquer indicação da ocorrência de estratificação da água de origem térmica. Numa análise mais detalhada dos cenários I_6_500 e I_6_1000, verifica-se uma descida abrupta e intercalada, com concentrações de *DIC* à volta dos 100 mg/l, resultante da mistura da água, induzida pelos fenómenos atmosféricos. No cenário I_6_2000, verificam-se concentrações mais elevadas de carbono durante um espaço temporal maior que corresponde à altura do ano com a temperatura do ar mais elevada ao longo do dia e com a intensidade do vento mais reduzida. Estas condições atmosféricas possibilitam uma maior estabilidade da água da Lagoa das Furnas e, consequentemente, a acumulação do *DIC* no fundo do lago.

Salienta-se, no entanto, que a entrada de uma grande concentração de carbono na água da Lagoa das Furnas é relativa, uma vez que este lago encerra um volume de água inferior ao dos Lagos do Fogo e da Lagoa Verde. Consequentemente, este sistema aquático apresenta uma grande concentração de carbono em toda a coluna de água, em particular no *hipolimnion*.

As simulações efectuadas para o Verão, na Lagoa das Furnas, apresentam cenários semelhantes aos últimos discutidos neste lago (anexo XII). A acumulação do *DIC* no fundo do lago apresenta-se com uma configuração mais estável, devido à diminuição das correntes convectivas existentes nestes sistemas e que dependem directamente dos fenómenos atmosféricos, como foi referido anteriormente. Apesar das condições propícias a uma maior acumulação de *DIC* no *hipolimnion*, esta situação não ocorre, uma vez que o cenário DIC_V_6_2000 é em tudo idêntico ao cenário DIC_I_6_2000. Este evento sugere que a diminuição da temperatura no fundo do lago (Fig. 5.26), induzida pela entrada de *DIC*, não é suficiente para a ocorrência de estratificação da água, possibilitando a mistura do carbono no sentido da superfície da água do lago.

As simulações efectuadas no Verão, na Lagoa Verde, apresentam um resultado semelhante entre si. Como se observa nas Figuras 5.27 e 5.28, a concentração do *DIC* aumenta, consoante o aumento da concentração do carbono no *input* e do tempo em que decorre a entrada deste caudal nos lagos.

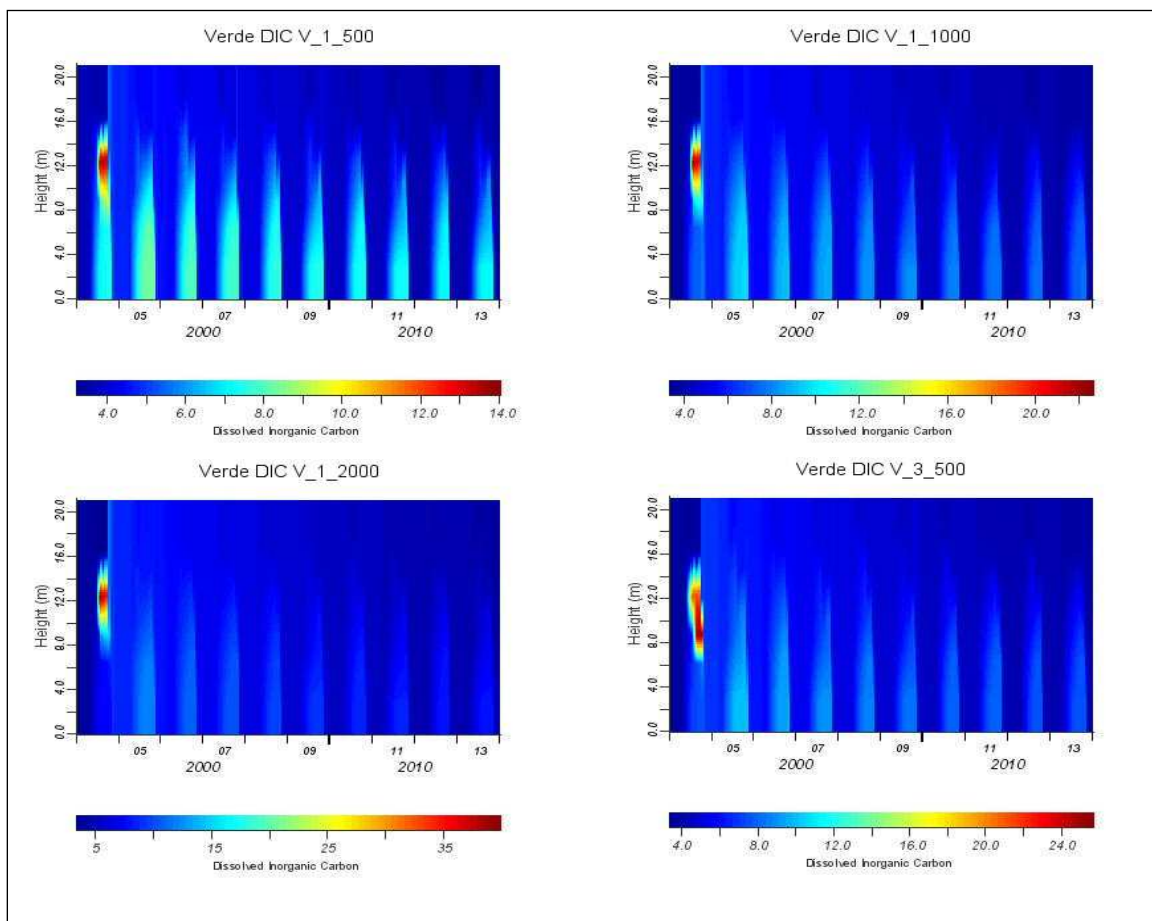


Fig. 5.27. Resultado do *input* de *DIC* simulado, na Lagoa Verde, no período do Verão.

Como já tinha sido observado anteriormente, a acumulação deste composto ocorre no início do hipolimnion. Assim, consoante o aumento da concentração de *DIC* na entrada do lago, verifica-se o aumento do volume desta camada de água, no sentido do fundo do lago, e consequentemente, também da sua concentração em *DIC*.

Relativamente à temperatura da água do lago, não se regista qualquer alteração

Na Lagoa do Fogo, os cenários que dizem respeito à entrada de *DIC* no lago nas primeiras 6 simulações, relativos ao período mais quente do ano, demonstram que neste sistema não existe estratificação da água do lago de modo a reter no *hipolimnion* a entrada deste parâmetro (Fig. 5.29).

Os dados de campo relativos à temperatura da água da Lagoa do Fogo dos dias 23 de Maio e 9 de Junho de 2005, mostram uma diminuição da

temperatura da água do lago, no sentido da superfície para o fundo, respectivamente, de 15,4-13,4 °C e 17,4-14,4 °C. Apesar do aumento da temperatura, nomeadamente, à superfície da água, é insuficiente para formar estratificação e separar a água de superfície da do fundo do lago.

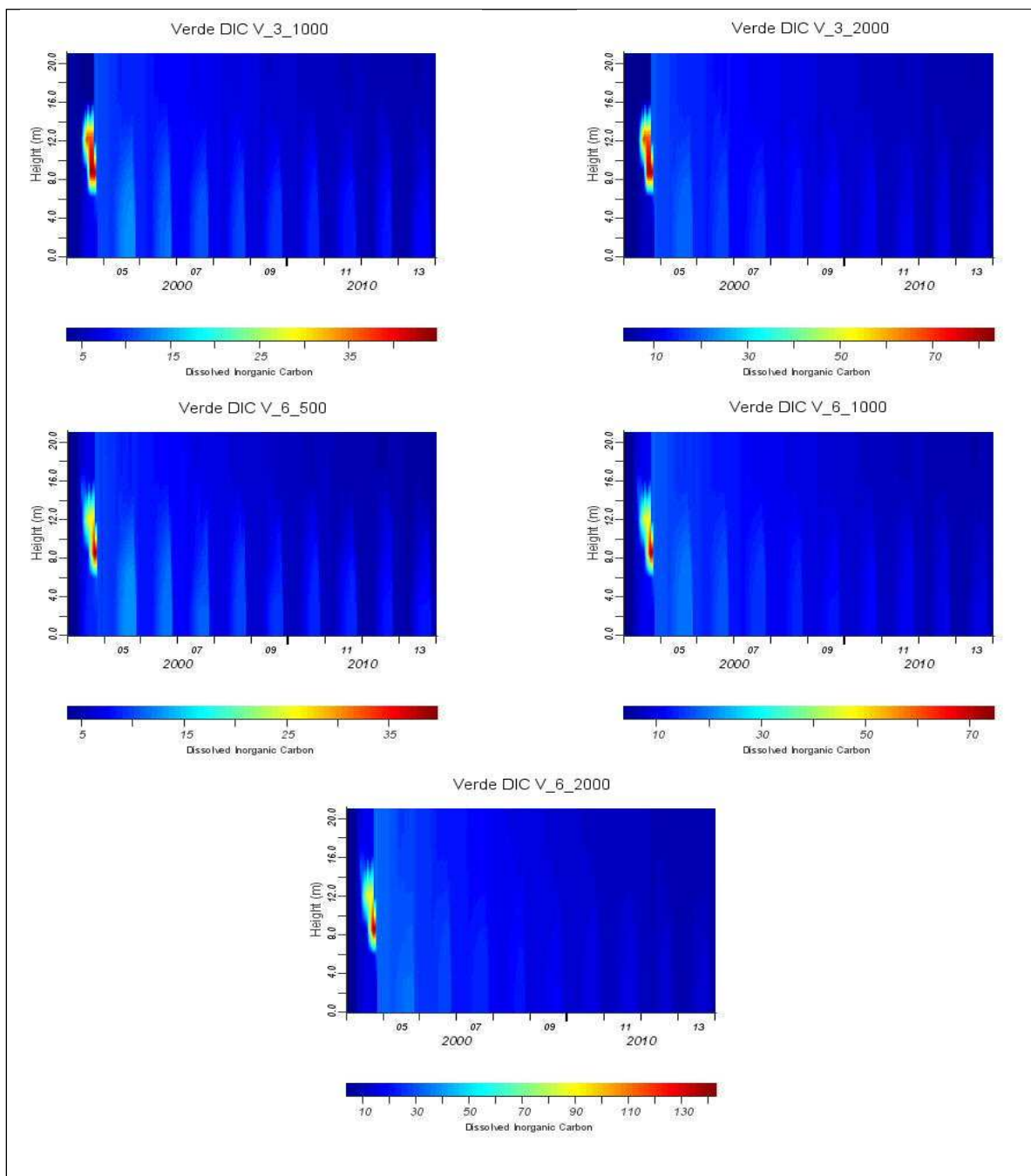


Fig. 5.28. Resultado do *input* de DIC simulado, na Lagoa Verde, no período do Verão.

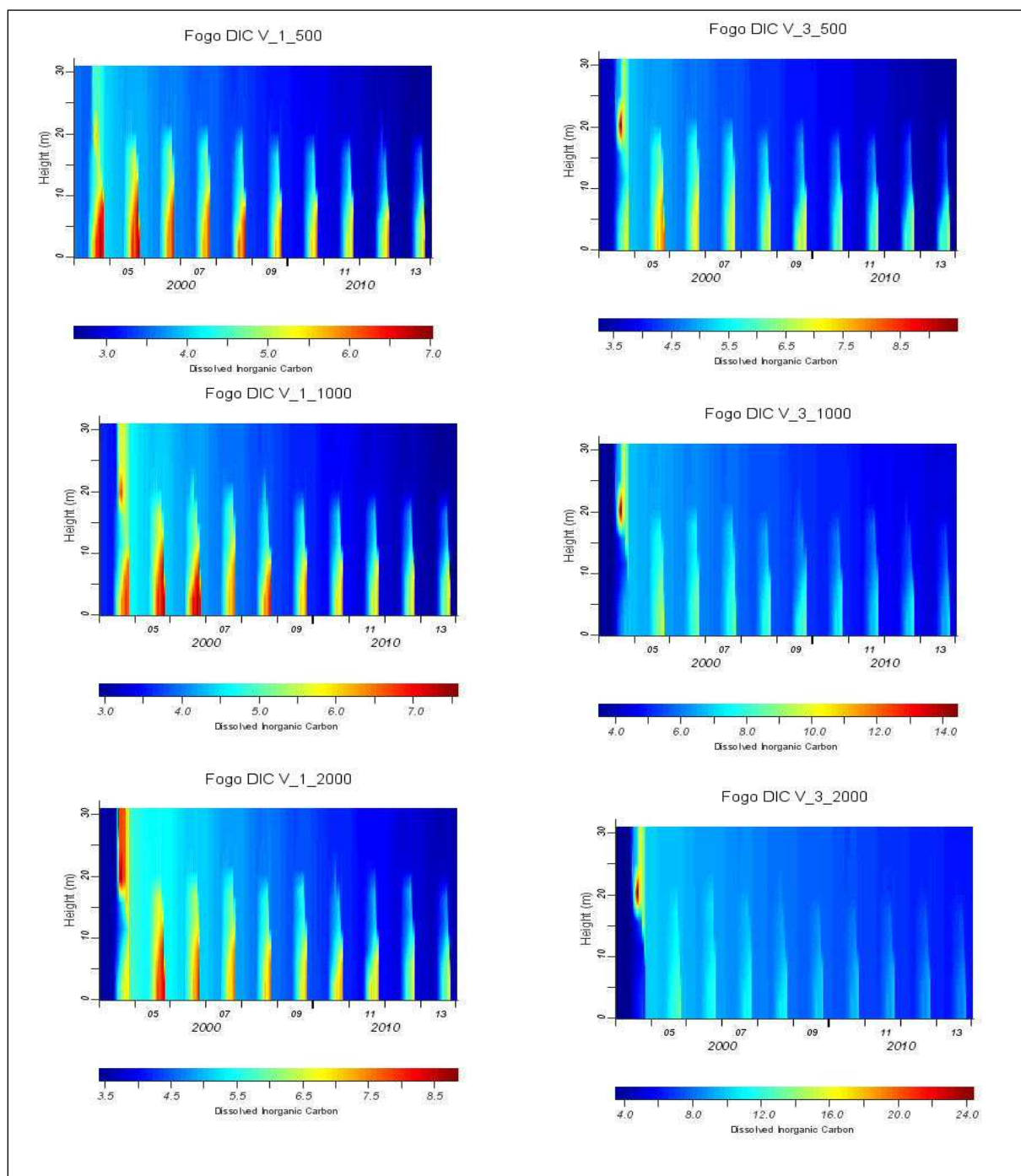


Fig. 5.29. Resultado do *input* de *DIC* simulado, na Lagoa do Fogo, para os primeiros 92 dias do período de Verão.

Como referido anteriormente, a localização deste sistema lacustre a uma altitude superior, implica o aparecimento retardado da estratificação da água induzido pela variação do gradiente térmico. Esta situação resulta do arrefecimento nocturno da água, do nevoeiro persistente que ocorre nesta época do ano, em especial a esta altitude e, da alteração das condições

meteorológicas, devido ao vento ou à precipitação. Os cenários DIC_V_6_1000 e DIC_V_6_2000 corroboram esta situação e demonstra que nas entradas de maior caudal e concentração de *DIC* também este fica retido no início do hipolimnion, como se verifica na Lagoa Verde. No entanto, as concentrações mais elevadas neste lago são inferiores aos restantes lagos modelado pelas razões já anteriormente expressas (Fig. 5.30).

A temperatura do lago nas diferentes simulações efectuadas não demonstra qualquer alteração do seu traçado, no sentido do aumento da temperatura no fundo do lago, relacionado com a entrada de *DIC*. Neste caso, a relação entre a concentração de carbono do *input*, o volume de água e a profundidade do lago poderão ser as condicionantes propícias à não alteração do perfil da temperatura, situação também verificada na Lagoa Verde.

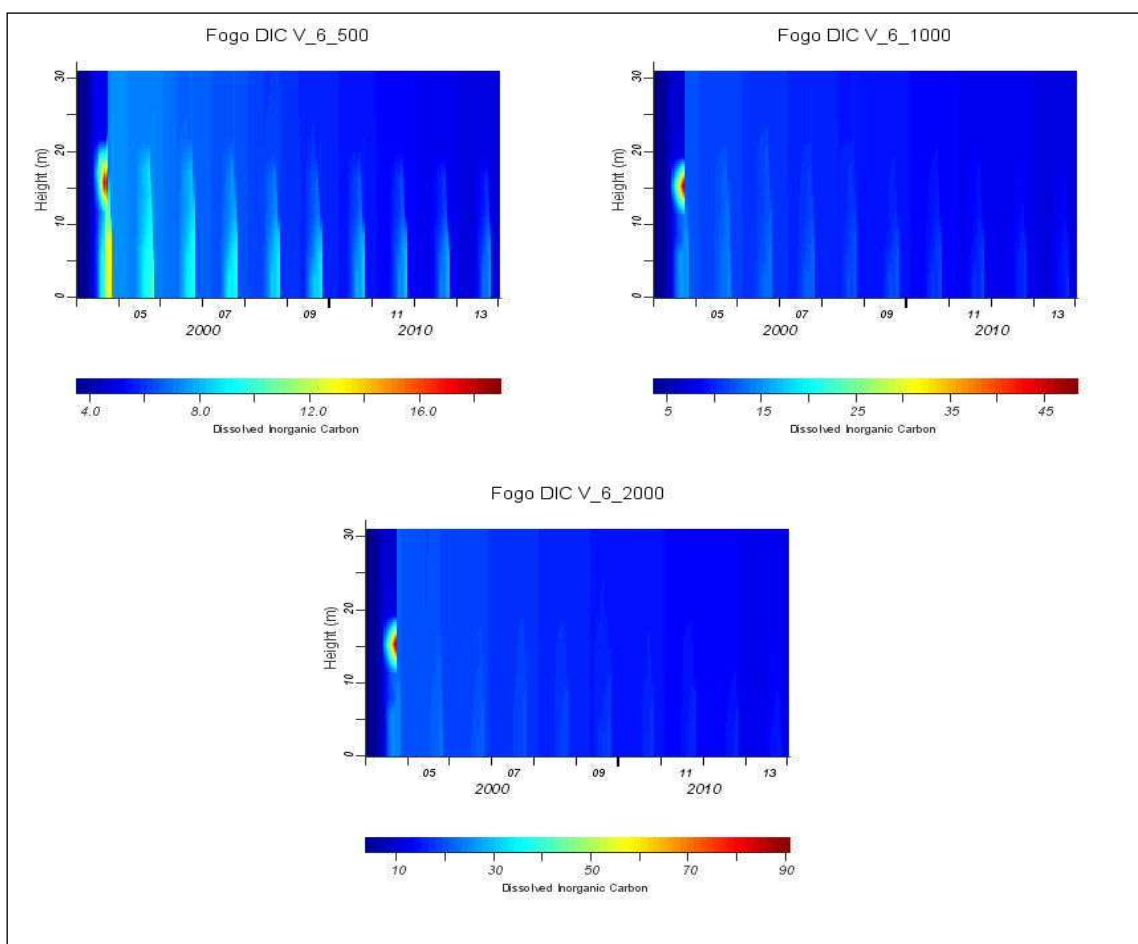


Fig. 5.30. Resultado do *input* de *DIC* simulado, na Lagoa do Fogo, para os 6 meses do período de Verão.

O resultado das simulações efectuadas, para as condições iniciais de cada lago, demonstra, de uma forma geral, que o valor do pH é ligeiramente mais baixo, à volta de 1 unidade, em relação aos resultados de campo. No entanto, quando existe estratificação da água, os valores de pH no hipolimnion aproximam-se dos resultados verificados em campo.

Relativamente aos restantes cenários modelados, pode-se considerar que os resultados obtidos para a Lagoa Verde e do Fogo são semelhantes entre si, como se constatou também em relação aos resultados da simulação de *DIC* (anexo XII). Este resultado é expectável no sentido em que o pH está directamente relacionado com o CO_2 na água. Como já foi demonstrado nos capítulos anteriores, a entrada de dióxido de carbono nestes sistemas, ao reagir com a água, contribui para a acidificação da mesma. Neste sentido, o valor do pH tende a baixar consoante o aumento da concentração de CO_2 .

Na figura 5.31, podemos verificar a alteração do pH nos diferentes lagos modelados, relativamente aos cenários com maior concentração de *DIC*. Em relação ao primeiro cenário da Lagoa Verde, constata-se que a entrada de *DIC* contribui para o aumento do valor de pH quando ocorre o input. Quando o lago perde a estratificação, este parâmetro sobe para valores verificados no terreno. Este cenário é semelhante ao do resultado da lagoa do Fogo (Fogo pH_I_6_2000).

No segundo cenário da Lagoa Verde (Verde pH_V_6_2000), observa-se uma diminuição dos valores de pH, uma vez que o *input* ocorre quando existe estratificação da água do lago, o que acarreta o aumento da concentração de *DIC* no fundo do lago. Assim, verifica-se uma diminuição do valor de pH em relação ao primeiro cenário, localizado onde ocorre a acumulação do *DIC*, isto é, no início do hipolimnion. Após o lago perder a estratificação de origem térmica, ocorre a homogeneização da água do lago e o pH apresenta valores mais elevados.

O segundo cenário da Lagoa do Fogo (Fogo pH_V_6_2000), apresenta-se muito semelhante ao primeiro, com excepção do aumento do valor de pH no fundo do lago, no período em que existe estratificação da água, pela mesma razão descrita para a Lagoa Verde.

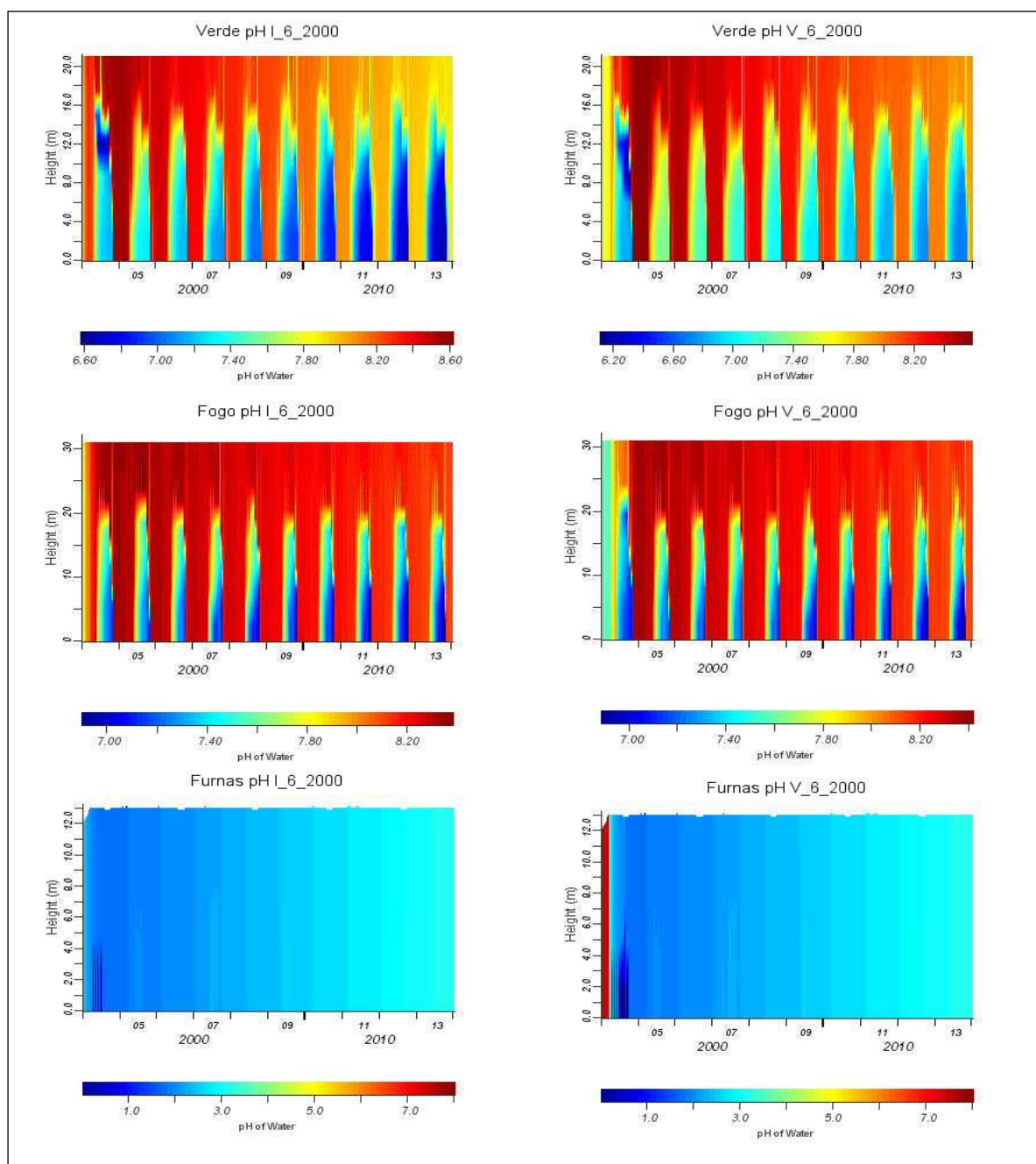


Fig. 5.31. Resultado do pH nas simulações com maior concentração de DIC.

Os dois cenários relativos à Lagoa das Furnas (Fig. 5.31) apresentam um resultado completamente distinto em relação aos anteriores. Como se verifica, este sistema aquático, para os mesmos *inputs*, apresenta um resultado com valores muito baixos de pH, logo após a entrada do dióxido de carbono no sistema.

Todos os cenários apresentam uma tendência para os lagos recuperarem os valores de pH iniciais.

Estes cenários permitem constatar, como foi referido anteriormente, que existe uma relação entre a concentração do CO_2 que entra nos sistemas, o volume de água e a profundidade dos lagos. Assim, estes cenários, relativos à Lagoa Verde e do Fogo, sugerem que o aumento do valor de pH se relaciona com os processos biológicos que ocorrem nestes sistemas. Ao ocorrer a entrada de dióxido de carbono nos sistemas, estes lagos, como possuem um volume considerado de água, permitem a diluição deste composto ao longo da coluna de água e a interacção que ocorre entre a água e a rocha permite actuar como um sistema tampão. Também ocorre uma maior disponibilidade de CO_2 utilizado pelas algas nos processos de fotossíntese. Esta maior disponibilidade de dióxido de carbono associado aos processos de eutrofização que ocorrem, particularmente, na Lagoa das Sete Cidades possibilita o incremento do pH, nomeadamente, mais à superfície do lago, verificando-se valores deste elemento semelhantes aos apresentados pelo modelo.

Em relação à Lagoa das Furnas, é notório que este lago satura com a entrada do *DIC*, devido ao seu menor volume, e o sistema tampão é insuficiente para contrabalançar a acidificação do sistema lacustre.

Face aos resultados expostos, efectuaram-se mais dois cenários para a Lagoa Verde e um para a Lagoa das Furnas.

Relativamente aos *inputs* no primeiro cenário da Lagoa Verde (Verde DIC 1), manteve-se o caudal de $1000 \text{ m}^3/\text{d}$ e uma concentração de 20000 mg/l de carbono inorgânico dissolvido. No segundo cenário (Verde DIC 2), manteve-se a mesma concentração de *DIC* e aumentou-se o caudal para $10000 \text{ m}^3/\text{d}$. Ambas as simulações foram efectuadas para os 6 meses do período de Verão (Fig. 5.32).

O resultado dos cenários relativos ao *DIC*, em função do aumento do *inputs*, ocasiona, como esperado, o aumento da concentração do carbono na água do lago, particularmente, no período em que ocorre a estratificação da água, retendo o aumento da concentração do carbono no início do hipolimnion, à semelhança dos cenários anteriores. Mais uma vez se observa que o aumento da concentração de *DIC*, nesta camada, se faz no sentido do fundo do lago, com valores muito elevados deste parâmetro.

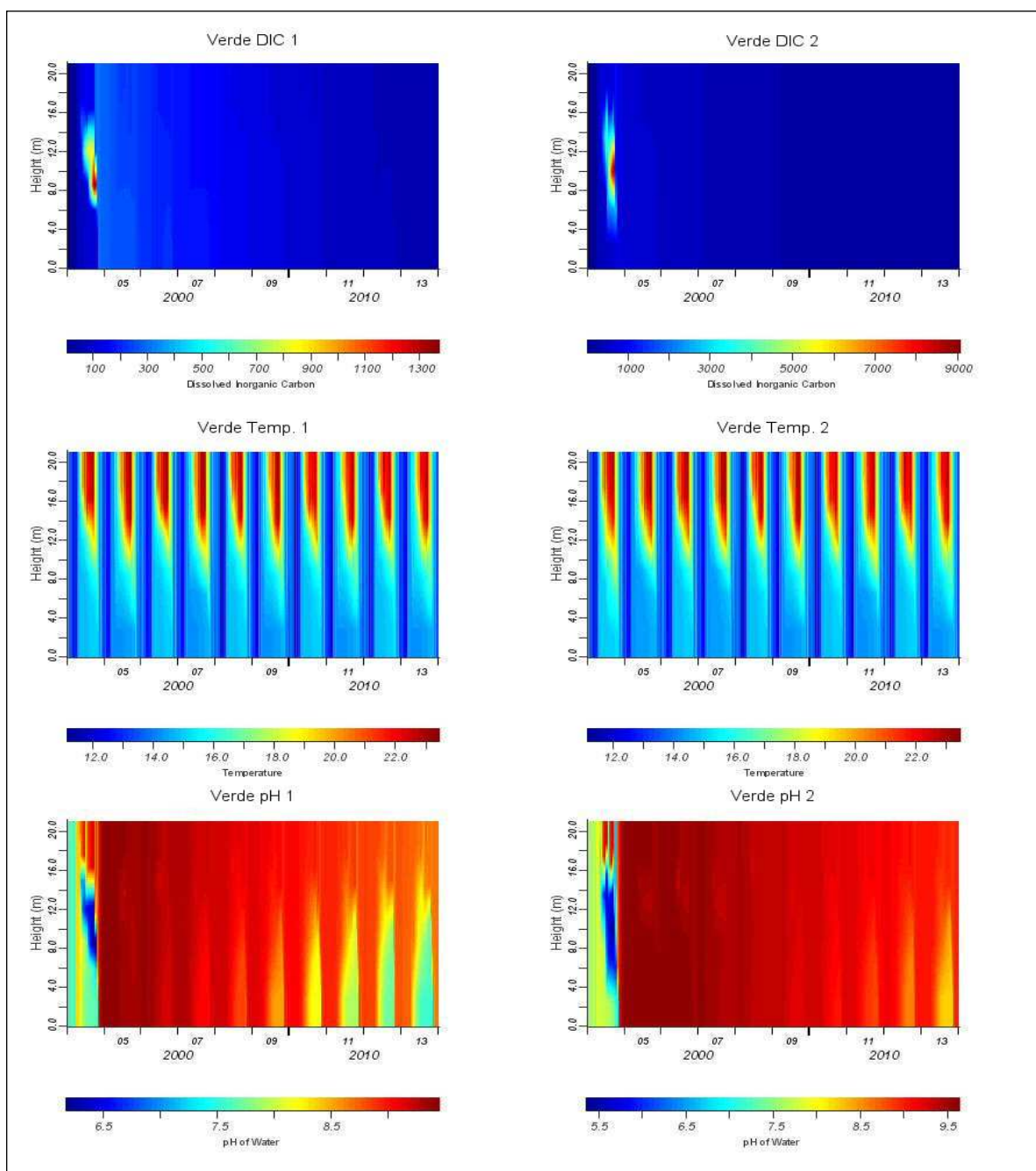


Fig. 5.32. Resultado das duas simulações efectuadas para o aumento, do volume do caudal e da concentração de *DIC*, do input.

Numa análise mais cuidada em relação ao resultado da temperatura, observa-se uma tendência do primeiro cenário para o segundo cenário, de um ligeiro aumento da temperatura da água no ano de 2004, período do ano que existe a estratificação da água e que coincide com o *input* simulado. Este cenário está de acordo com o observado na Lagoa das Furnas e demonstra que a entrada de dióxido de carbono na água contribui para a alteração da

temperatura no hipolimnion. No entanto, este input depende muito, como é demonstrado pelos cenários apresentados, do volume de água que estes sistemas encerram. No caso da Lagoa Verde, para se observar esta mudança muito ténue, foi necessário aumentar a concentração de DIC na entrada do caudal para o lago.

O resultado do pH, para o primeiro cenário, demonstra claramente que, no período inicial do *input*, o aumento da concentração de DIC na água contribui para o aumento do valor de pH. No entanto, a constante entrada deste parâmetro no lago provoca a descida dos valores de pH, como é disso exemplo o resultado do segundo cenário.

Neste segundo cenário, também se verifica a tendência observada no resultado da primeira simulação, logo após a entrada do DIC, mas com valores mais baixos, devido à maior concentração do carbono inorgânico na água o que também provoca, de uma forma geral, uma maior descida do pH.

Contudo, a leitura que deverá ser efectuada em relação ao segundo cenário relaciona-se com a capacidade “tampão” do lago em relação à acidificação do sistema aquático. Como é referido nos capítulos anteriores, o ácido carbónico é um dos produtos da reacção que ocorre nos lagos, devido à entrada do dióxido de carbono. Este ácido, ao reagir com o substrato dos lagos, provoca a lixiviação do material rochoso e o consequente enriquecimento da concentração dos catiões metálicos alcalinos e alcalino-terrosos nos sistemas.

O input simulado no segundo cenário produz uma entrada de 36600 toneladas de carbono inorgânico na água da Lagoa Verde, contra as 366 T simuladas no cenário Verde DIC V_6_2000. Comparando os dois cenários, em relação ao valor mínimo do pH simulado, verifica-se que este diminui à volta de 6,2 para 5,5 do primeiro para o segundo cenário. Este resultado demonstra a capacidade tampão que existe neste lago, uma vez que entra 100 vezes mais carbono inorgânico num período de 6 meses e, grande parte, fica retido no fundo do lago devido à estratificação de origem térmica do ano de 2004.

Relativamente à lagoa das Furnas não se observa qualquer alteração da temperatura do lago devido ao aumento do caudal e da concentração de

carbono. No entanto, devido a este *input* a lagoa regista uma grande concentração de *DIC* no *hipolimnium* (Fig. 5.33).

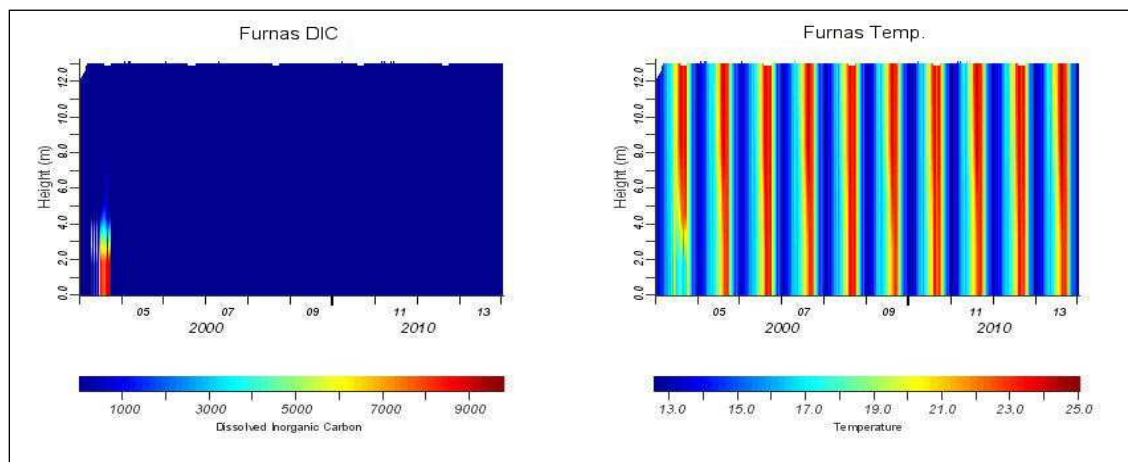


Fig. 5.33. Resultado da simulação efectuada para o aumento, do volume do caudal e da concentração de *DIC*, do input na Lagoa das Furnas.

5.6. Conclusão

A utilização de modelos numéricos com o objectivo de gerir e prever cenários futuros é cada vez mais recorrente nas diversas áreas de investigação, nomeadamente, na área da hidrologia, onde existe uma ampla variedade de modelos aplicados às águas subterrâneas e superficiais, quer sejam reservatórios, lagos, estuários. Esta difusão do desenvolvimento de modelos mais complexos e abrangentes não é alheia ao desenvolvimento tecnológico na área da informática.

Contudo, não foi possível descortinar a existência de um modelo específico para o trabalho proposto, ou seja, um programa não só capaz de caracterizar toda a dinâmica existentes nestes lagos, mas também com a possibilidade de proporcionar uma pesquisa no âmbito da vulcanologia, nomeadamente, a contaminação destes sistemas por fluidos de origem vulcânica e toda a interacção provocada por este fenómeno, a referir a interacção água-rocha, os catiões lixiviados.

No entanto, a opção pelo modelo DYREM_CAEDYM, face aos resultados obtidos, revelou-se ter sido uma escolha acertada.

O modelo permitiu desenvolver o estudo sobre a parte hidrodinâmica dos lagos, assim como a parte ecológica possibilitou a selecção e desenvolvimento

de uma multiplicidade de interacções existentes nestes sistemas aquáticos, devido à diversidade de variáveis possíveis de configurar. Deste modo, o modelo possibilita uma grande variedade de aplicações, devido à complexidade de interacções capaz de simular.

O modelo ecológico (CAEDYM) foi configurado com todos os dados recolhidos na bibliografia existente para que as interacções consideradas no modelo atmosfera-água-sedimento fossem representativas das condições verificadas no terreno. A configuração destes dados foi feita para que o ciclo do carbono fosse representativo dos lagos modelados.

Os cenários simulados para as condições iniciais de cada lagoa apresentam uma diminuição do carbono orgânico dissolvido ao longo dos 10 anos modelados. Esta situação ocorre devido ao programa considerar os lagos sistemas fechados. Deste modo, o modelo tende a encontrar uma situação de equilíbrio relativamente ao carbono para valores que correspondem à dinâmica de cada sistema lacustre, uma vez que os valores iniciais configurados no programa correspondem aos dados de campo.

A utilização de um segundo modelo (AQUASIM) confirma os resultados obtidos pelo DYRESM_CAEDYM na Lagoa Verde das Sete Cidades, que demonstra o mesmo comportamento do carbono ao longo do tempo e com concentrações do carbono na água semelhantes. Este resultado, associado aos estudos efectuados nos últimos anos por Antunes (2003), Antunes e Cruz (2005) e Cruz, *et al.*, (2006), reforçam as conclusões desenvolvidos nestes sistemas, no sentido que a concentração do dióxido de carbono não provém unicamente dos processos biológicas que aí decorrem, mas que existe uma contribuição de origem vulcânica. Desta forma, estes resultados contribuem para a validação do modelo utilizado.

No primeiro cenário simulado, para o menor *input* e concentração de *DIC* inferior, depreende-se que os lagos apresentam alterações no quimismo da água e que são mais evidentes com o aumento das diferentes entradas simuladas. No entanto, a Lagoa das Furnas apresenta cenários muito semelhantes entre si, relativos à concentração de *DIC* nas primeiras 6

simulações, só sendo possível descortinar a alteração induzida no quimismo da água através da análise dos cenários relativos ao pH.

Dos lagos simulados, a Lagoa das Furnas é o sistema lacustre que apresenta a menor profundidade e uma área superficial considerável (12,45 km²). Da análise dos cenários obtidos neste lago, depreende-se que a menor profundidade, associada aos fenómenos atmosféricos, principalmente o vento, induz uma dinâmica no lago a nível das correntes de convecção, responsável pela homogeneização da água do lago.

A Lagoa das Furnas, apesar de se localizar numa caldeira de colapso, está mais exposta aos ventos de direcção NNE-SW. Deste modo, se compreende que os primeiros cenários simulados a partir do dia 1 de Janeiro, altura do ano em que os fenómenos atmosféricos são mais extremos, não apresentem alterações na concentração de *DIC*. Este facto deve-se, não só, à menor concentração total de carbono que entra no lago, mas principalmente, à rápida mistura deste composto ao longo da coluna de água e, conseqüentemente, à sua saída do sistema. Assim se explica a semelhança entre os primeiros cenários e a alteração registada do pH nos mesmos cenários.

Em relação aos restantes cenários, as simulações foram efectuadas entre os meses de Abril e Setembro, altura do ano que, de uma forma geral, se regista estratificação da água dos lagos de origem térmica. Devido a parte dos *inputs* serem retidos nesta camada de água, os cenários apresentam outra configuração.

A acumulação do carbono inorgânico dissolvido na água no topo do hipolimnion verificado nas Lagoas Verde e do Fogo, teoricamente, não faz sentido, ao considerarmos o hipolimnion isolado da superfície. A explicação mais plausível para compreender estes resultados prende-se com a configuração dos dados introduzidos no modelo.

O objectivo principal do trabalho passou pela simulação da entrada de um caudal de água, com diferentes concentrações de *DIC*, no fundo do lago. Este caudal foi configurado a entrar a 1 metro do fundo do lago, para evitar qualquer interacção. Segundo, Schladow e Hamilton, (1997) e Romero *et al.*, (2004) a interacção entre o sedimento e a água tem sido subestimada e estudos mais

recentes sugerem uma taxa de libertação de nutrientes do sedimento para a água considerável. Também a *input* do caudal no lago foi configurado para entrar com uma inclinação de 80°. Deste modo, a entrada de 1000 m³ de água por dia, nesta última camada, pode induzir uma dinâmica no fundo e permitir a acumulação de dióxido de carbono junto ao *metalimnion*. Também é de realçar a rápida solubilidade deste composto na água, 200 vezes superior quando comparado ao oxigénio.

Na Lagoa das Furnas, os cenários que contemplam a entrada do caudal simulado no Verão, verifica-se que a homogeneização da coluna de água é mais lenta e, conseqüentemente, há uma acumulação de carbono no fundo do lago, no ano de 2004, com concentrações muito elevadas. O resultado deste *input* induz um aumento da temperatura da água, que coincide com a acumulação do carbono no fundo.

Foi possível confirmar que uma grande entrada de carbono nestes sistemas, dependendo do volume de água dos lagos, altera a temperatura do perfil num lago, como resultado dos cenários das duas últimas simulações efectuadas na Lagoa Verde (Verde DIC 1 e 2).

Também o resultado destes últimos cenários permite verificar a capacidade “tamponizante” da Lagoa Verde. Apesar de entrar 100 vezes mais carbono no segundo cenário, o pH na água mantém valores muito semelhantes ao cenário anterior, com excepção na zona onde se regista maior concentração de carbono, alterando-se ligeiramente o seu valor.

A capacidade tampão na Lagoa das Furnas é reduzida, como se conclui do resultado de todos os cenários efectuados neste lago, conduzindo, invariavelmente, a uma acidificação da água.

Contudo, em algumas simulações na Lagoa Verde e do Fogo observa-se que o pH aumenta de valor. Estes cenários sugerem que quando o *input* de carbono não é significativo em relação ao volume de água, e também há uma rápida diluição do carbono na água, existe uma maior disponibilidade deste elemento por parte das algas. Assim, devido aos processos biológicos existentes nestes lagos, o pH aumenta de valor. Deste modo, considera-se que a entrada deste elemento tem influência na actividade biológica do lago.

Quando o carbono implica a acidificação da água do lago, como acontece nos cenários da Lagoa das Furnas, a comunidade biota também reflecte esta mudança, com a diminuição na variabilidade das espécies, nomeadamente na incapacidade dos moluscos formarem concha com um pH igual ou inferior a 4,3 (Forsyth e Mackenzie, 1981).

Centrando a análise dos cenários simulados unicamente no ano de 2004, verifica-se que o resultados dos cenários Fogo DIC_V_3_1000, Verde DIC_I_6_1000 e Furnas DIC_I_6_1000 apresentam concentrações de carbono na coluna de água na ordem de grandeza das concentrações verificadas no campo. Assim, os dados sugerem que existe um contributo de 91 T/ano de carbono na Lagoa do Fogo e de 182 T/ano na Lagoa Verde e das Furnas. Contudo, estes valores são meramente indicativos, uma vez que dizem respeito à entrada de carbono durante 91 e 182 dias, respectivamente.

O modelo revelou-se eficiente relativamente ao objectivo do estudo planeado à partida e demonstra uma grande valência na sua utilização. Na presença de uma série de dados meteorológicos mais robustos, o modelo revela capacidade de simular o aparecimento e o término efectivo da estratificação da água.

No entanto, o modelo é limitado no estudo da Hidrogeoquímica nestes sistemas, não sendo possível modelar o contributo de voláteis nos sistemas aquáticos ou tirar qualquer ilação relativamente aos processos de interacção água-rocha, nomeadamente na lixiviação dos metais alcalinos e alcalino-terroso e do silício que, ao entrar na água, poderia ser modelado no sentido de averiguar o seu impacto, especificamente nas diatomáceas que incorporam a sílica na sua estrutura interna.

Contudo, ressalva-se o desenvolvimento do programa no sentido de estudar unicamente a ecologia dos sistemas aquáticos. O facto de ter sido possível desenvolver este estudo prova a valência do modelo.

6. MONITORIZAÇÃO SISMOVULCÂNICA

6.1. Métodos de Monitorização sismovulcânica

Face a eventos muitas vezes catastróficos, o estudo da actividade vulcânica faz-se através de um método científico multidisciplinar. Nas últimas duas décadas tem-se verificado um avanço na monitorização vulcânica. O saber de diferentes áreas tem sido aplicado na monitorização e predição da actividade vulcânica, de uma forma geral, a nível mundial. Neste momento, ainda não é possível prever-se uma erupção vulcânica, nem a curto nem a longo prazo, pelo que muitas das estratégias desenvolvidas pelas diferentes instituições que investigam este tipo de eventos apostam, essencialmente, na contínua recolha de dados que os vulcões, numa fase de dormência. A partir desta situação é possível obter-se uma base de dados multidisciplinar, a qual permite compreender o comportamento destes sistemas activos quando se encontram em repouso, para melhor poderem detectar alterações resultantes de fenómenos eruptivos eminentes.

As diferentes áreas do saber científico têm contribuído para a compreensão integrada dos fenómenos endógenos e para uma predição vulcânica que ainda não se encontra verdadeiramente concretizada, mas que até ao momento tem sido a estratégia globalmente implementada de forma a dar resposta efectiva a uma possível situação de crise. Desta forma, diferentes técnicas têm sido implementadas neste sentido, nomeadamente geofísicas, geodésicas e geoquímicas (Fig. 6.1).

Dentro das técnicas geofísicas, a monitorização da actividade sísmica revela-se de extrema importância e, normalmente, está associada ao tremor vulcânico que resulta, quase sempre, da entrada em actividade do vulcão. O registo da actividade sísmica é o método mais antigo e mais utilizado na detecção da movimentação do magma no interior da Terra. É o incremento do nível desta actividade que nos fornece o primeiro sinal de instabilidade vulcânica, nomeadamente associado aos eventos de longo período. Tem-se verificado diversos estudos nesta área, nomeadamente, pelos trabalhos desenvolvido por diferentes autores na região dos Açores (Silveira, 2002; Silva, 2004),

Na área da geodesia, diferentes técnicas têm sido aplicadas, nomeadamente na deformação crostal, situação provocada pela ascensão magmática que origina a inflação e deflactação do aparelho vulcânico que está associado ao incremento da pressão interna ou do seu redecrescimento. No estudo deste fenómeno, diferentes

métodos têm sido aplicados, tais como o EDM, Tiltímetros, recorrendo-se também à medição através de satélites, vulgarmente associados ao Sistema de Posicionamento Global (GPS), técnicas também integradas na formação do CVARG.



Fig. 6.1. Técnicas utilizadas na vigilância vulcânica (adaptado de McGuire *et al.*, 1995).

A nível global, a monitorização geoquímica de vulcões activos tem assistido a um grande desenvolvimento nos últimos anos, comparativamente com os métodos geofísicos aplicados (Cione e Taddeucci, 1994; Allard, 1994). De entre as técnicas de monitorização utilizadas pela geoquímica, duas têm particular interesse: a geoquímica, associada à detecção de gases (Viveiros, 2003) e a hidrogeoquímica (Antunes, 2003; Freire, 2006). A libertação de voláteis de um magma, normalmente, está associada à perda de pressão, devido à sua ascensão. Quando a desgaseificação atinge a superfície do terreno, os voláteis poderão ser detectados e analisados. Para tal, recorre-se a diferentes técnicas que se baseiam, *grosso modo*, no sequestro destes gases em recipientes apropriados, para posterior análise laboratorial, à desgaseificação difusa e a dados coligidos no campo.

À semelhança da monitorização geoquímica de gases, a hidrogeoquímica tem fornecido um contributo significativo na vigilância vulcânica através da recolha e análise de águas que revelam uma interacção com elementos de origem juvenil. Para que tal aconteça, é necessária a caracterização dos sistemas aquíferos, nomeadamente o sistema de inter acção água-rocha, e o conhecimento das espécies químicas (Oskarsson, 1996).

Muitas destas técnicas, para além de incidirem não só nos processos relacionados com os sistemas hidrotermais de vulcões activos, também deverão ser

aplicadas à água meteórica superficial não mineral (Cruz *et al.*, 1999). Nesta perspectiva, a monitorização de furos e poços tem sido intensamente utilizada nos últimos anos, com o objectivo de se detectarem mudanças do nível da água e da alteração das suas propriedades físicas e químicas (Gaspar, 1996; Freire, 2006). Estas alterações devem-se à pressão exercida pela exsolução dos gases de um magma e da sua contaminação destes sistemas aquíferos.

6.1.1. Monitorização dos Lagos Vulcânicos

Os lagos vulcânicos que se situam nos edifícios vulcânicos activos são sistemas activos dotados igualmente de uma dinâmica particular. Estes interagem com material de origem magmática, sendo reservatórios naturais onde ocorre a condensação natural dos gases vulcânicos, de fluidos hidrotermais e, por vezes, onde existe a acumulação de fluidos extremamente acidificados. Assim, as mudanças no fluxo de calor e as taxas de desgaseificação que poderão ocorrer no interior destas massas de água correspondem a uma variação na composição química e física das propriedades das águas dos lagos. O estudo dos lagos vulcânicos permite um melhor conhecimento acerca destas propriedades físicas e químicas associadas às erupções magmáticas e, principalmente, acerca das modificações a nível térmico e químico que poderão preceder uma erupção vulcânica (Delmelle e Bernard, 2000; Ohba, 2000).

Há todo um interesse no acompanhamento destas variações nestes lagos devido ao potencial de perigosidade que representam para as populações que habitam as áreas localizadas ao redor destes edifícios vulcânicos. Assim, as mudanças que estes fenómenos de origem magmática poderão induzir nas características físico-químicas dos lagos servem, geralmente, de linha de base para a monitorização dos mesmos. A hidrogeoquímica relacionada com a actividade vulcânica num lago poderá ser uma ferramenta de extrema importância para monitorizar a actividade vulcânica, quando combinadas com outras técnicas aplicadas no estudo do vulcanismo. Uma vez que os lagos vulcânicos também poderão ser a fonte de possíveis *hazards* (*lahars*, poluição atmosférica, difusão de gases tóxicos, etc.) relacionados directamente com erupções que poderão ocorrer dentro dos lagos vulcânicos, a sua monitorização revela-se fundamental (Takano e Watanuki, 1990; Pasternack e Varekamp, 1994 Martínez *et al.*, 2000).

Apesar de só recentemente se ter prestado uma maior atenção ao estudo dos lagos vulcânicos, existem vários estudos em muitos vulcões espalhados por uma vasta área geográfica no mundo. Muitos destes estudos estão compilados numa edição especial do *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (Vol. 97, 2000), encontrando-se parte deles relacionados com a monitorização executada em lagos vulcânicos situados em vulcões activos. No entanto, nos Açores, o estudo hidrogeoquímico de lagos e as suas relações com o ambiente vulcânico têm sido muito raros, com excepção das contribuições de Martini *et al.*, (1994); Cruz *et al.*, (2002); Cruz *et al.*, (2003^a); Cruz *et al.*, (2003b); Antunes, P. (2003). Assim, torna-se premente o estudo destes lagos, nomeadamente na construção de uma linha de base para as características endógenas de cada lago.

O estudo dos lagos vulcânicos nos Açores, na perspectiva da sua aplicação num sistema de monitorização vulcanológica, iniciou-se no ano de 2002 com o levantamento de todos os lagos das ilhas de São Miguel e Terceira, e mais tarde expandiu-se esta investigação aos restantes lagos do Arquipélago dos Açores, incluindo os lagos localizados no interior das grutas lávicas. Deste modo, têm-se efectuado amostragens periódicas em diferentes épocas do ano, permitindo a construção de uma base de dados, designada “*DataLake*” (Anexo em CD-ROM).

6.2. Base de Dados *DataLake*

A base de dados “*DataLake*” foi construída com o objectivo de integrar os dados recolhidos ao longo do trabalho no sistema AZORIS, a base de dados para a avaliação de riscos geológicos na região dos Açores (Gaspar *et al.*, 2004). Deste modo, foram criados os campos ID, para referenciar as entradas na tabela, as células M e P, que dizem respeito às coordenadas UTM para cada ponto de amostragem nos diferentes lagos amostrados. Existe uma coluna que identifica a altura da colheita das amostras (data do ano) e outra que identifica o local ou o lago onde se efectuou as amostragens. Também existe uma entrada que identifica a profundidade que corresponde a cada amostra seguido de varias colunas que dizem respeito aos parâmetros considerados.

A tabela construída foi convertida no formato DBF, de modo a poder ser transportada directamente para o programa de georreferenciação que se encontra em construção.

6.3. Monitorização Sismovulcânica em Lagos nos Açores

6.3.1. O caso de estudo da Crise do Vulcão do Fogo de 2005

Os lagos vulcânicos que se situam nos edifícios vulcânicos activos são sistemas enérgicos dotados de uma dinâmica particular. Estes interagem com material de origem magmática, constituindo reservatórios naturais onde ocorre a condensação natural dos gases vulcânicos, de fluidos hidrotermais e, por vezes, onde existe a acumulação de fluidos extremamente acidificados. Assim, as mudanças no fluxo de calor e as taxas de desgaseificação que poderão ocorrer no interior destas massas de água correspondem a uma variação na composição química e física das propriedades das águas dos lagos, oferecendo grandes possibilidades no estudo da predição de eventos vulcânicos (Armienta et al., 2000; Christenson, 2000; Delmelle e Bernard, 2000; Delmelle *et al.*, 2000; Martínez *et al.*, 2000; Ohba, 2000; Varekamp, 2002).

A maioria dos componentes gasosos emitidos pelos vulcões são tóxicos (SO_2 , H_2S , HCl , HF , CO , CO_2 , COS , etc.) e as mudanças que estes fenómenos de origem magmática poderão induzir nas características físico-químicas dos lagos servem, geralmente, de linha de base para a monitorização dos mesmos. A hidrogeoquímica, relacionada com a actividade vulcânica de um lago, poderá ser uma ferramenta de extrema importância para monitorizar a actividade vulcânica. Uma vez que os lagos vulcânicos também poderão ser a fonte de possíveis *hazards* relacionados directamente com erupções que poderão ocorrer dentro dos lagos vulcânicos, a sua monitorização revela-se fundamental (Takano e Watanuki, 1990; Pasternack e Varekamp, 1994 Martínez *et al.*, 2000).

6.3.2. Planificação da monitorização

Devido à “Crise Sísmica do Fogo-Congro”, designação dada à grade intensidade do numero de sismos que ocorreu no Complexo Vulcânico do Fogo, e que teve início a 9 de Maio de 2005 na ilha de São Miguel. Devido a esta maior intensidade de eventos sísmicos, fora do padrão habitual, a equipa de hidrogeoquímica do CVARG delineou um plano de monitorização para aplicar nestes sistemas lacustres. Assim, efectuaram-se diferentes amostragens ao longo da coluna de água nas lagoas das Sete Cidades, do Fogo, do Congro, e das Furnas, incidindo a amostragem nos lagos

do Fogo e do Congro uma vez que estas massas de água estão localizadas na zona epicentral da referida actividade sísmica (Fig. 6.2).

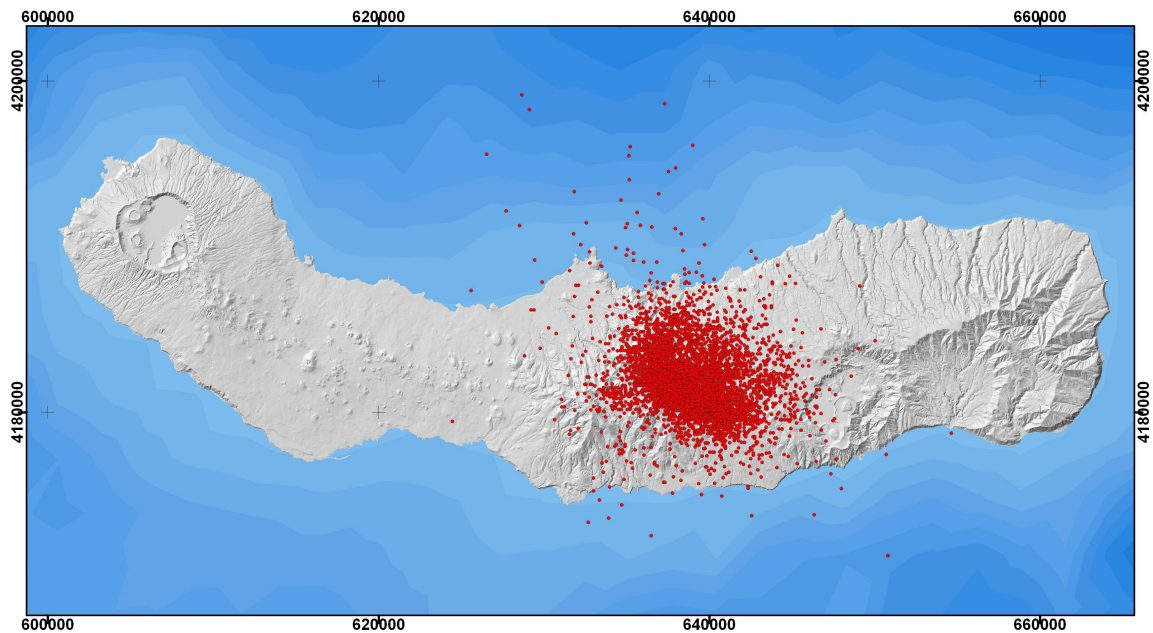


Fig. 6.2. Distribuição dos epicentros da actividade sísmica registada (fonte: SIVISA).

No início da actividade sísmica houve um incremento do número de eventos registados de alguns milhares por dia, entre os dias 10 de Maio e 17 de Maio de 2005. O número de eventos decresceu, no entanto para valores ainda assim acima do padrão normal. No dia 20 de Setembro ocorreu um segundo Pico no número de sismos e que durou cerca de 14 dias.

Devido a esta situação, delineou-se um plano de trabalho que consistia na realização de perfis semanais nos diferentes lagos, abordagem considerada como exequível face às características dos lagos, nomeadamente a profundidade e o volume de água que cada lagoa apresenta (Tabela 3.1). Este plano de trabalho foi alterado, com o aumento do espaço temporal entre as colheitas, devido à diminuição do número de sismos registados nos dias que precederam ao primeiro pico máximo, relativamente ao número de eventos registados.

Com o incremento da actividade sísmica no dia 20 de Setembro, reformulou-se o plano de trabalho com uma amostragem temporal mais apertada.

6.3.3. Metodologia aplicada

A monitorização dos parâmetros físicos e químicos destas águas baseou-se na amostragem e posterior análise de um ou mais perfis em cada lagoa, consoante a

sua área, profundidade e meios logísticos disponíveis no momento. Esta metodologia permitiu caracterizar os lagos em profundidade, nomeadamente a variação dos diferentes parâmetros utilizados no plano de monitorização empregue.

No total, foram recolhidas e analisadas cerca de 180 amostras de água durante o decurso deste episódio. Os trabalhos de amostragem prosseguiram no intuito do desenvolvimento da presente dissertação, situação que permitiu a comparação das amostragens efectuadas no Capítulo 3.

Tabela 2 – Parâmetros analisados no local de amostragem e após a chegada ao laboratório de hidrogeoquímica.

PARÂMETROS	
Físicos:	Químicos:
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Condutividade 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • CO₂ livre • CO₂ total • O₂ • HCO₃⁻ • Cl⁻ • SO₄²⁻

A explanação acerca da importância da utilização dos diferentes parâmetros utilizados na monitorização da qualidade da água nestes sistemas aquáticos encontra-se descrita no Capítulo 3 deste trabalho.

A metodologia empregue na determinação dos parâmetros físicos e químicos quer no campo, quer no laboratório, foi a mesma utilizada nesta dissertação descrita no Capítulo 3 do presente trabalho. As análises laboratoriais foram efectuadas no Laboratório de Hidrogeoquímica do Departamento de Geociências da Universidade dos Açores.

Os pontos de amostragem são os mesmos utilizados no decorrer das amostragens efectuadas nos diferentes lagos em causa.

Na Lagoa das Sete Cidades estabeleceram-se dois pontos de amostragem, um a Norte da lagoa, comumente designada de Lagoa Azul, e o outro ponto foi executado mais a Sul, na parte da lagoa que é denominada como Lagoa Verde. A profundidade máxima que os dois perfis atingiram foi de 25,5 metros a Norte e 24,4 metros a Sul.

Na Lagoa do Fogo também foi estabelecido um ponto de amostragem no centro da lagoa onde se registou a maior profundidade, cerca de 25,5 metros.

Na Lagoa do Congro estabeleceu-se um único ponto de amostragem, devido a este lago apresentar uma menor área superficial. Nesta lagoa registou-se uma profundidade máxima de 20 metros.

Na Lagoa das Furnas realizaram-se 3 pontos de amostragem. Um ponto a Sul da lagoa, perto da margem que fica junto à capela que existe a Sul do lago e que se designou por Furnas-Capela (11 m). Um segundo ponto mais a Oeste da lagoa que, por se atingir a maior profundidade, foi designado como Furnas-Profundo (12,4 m). O terceiro ponto foi marcado perto da margem Norte do lago e designado por Furnas-Fumarolas (11 m).

6.4. Resultados

Os parâmetros físicos e químicos analisados nas águas dos lagos e inseridos no plano de monitorização estabelecido encontram-se em forma de gráficos, com a totalidade dos perfis efectuados nos lagos durante o estudo destes sistemas, como referido anteriormente no capítulo respeitante à hidrogeoquímica.

Na generalidade dos lagos, com excepção da Lagoa das Furnas, verifica-se a existência de estratificação da água com origem térmica no Verão, que não sofreu qualquer alteração além da sua natural evolução ao longo deste período.

Segundo Wetzel (1993), os lagos com profundidades suficientes para estratificar, situados nas regiões temperadas, no final do Verão e do Outono perdem a estratificação da água devido à água da superfície se tornar mais densa e misturar-se através de uma combinação de correntes de convexão e circulação epilimnética induzida pelo vento. Deste modo, os elementos químicos dissolvidos apresentam uma distribuição relativamente homogénea para cada um deles em profundidade, situação devidamente discutida anteriormente para o período de Inverno.

Relativamente à amostragem efectuada na Lagoa do Fogo e do Congro é notório que, à medida que o tempo aquece ao longo do Verão, a estratificação da água apresenta uma melhor definição do *metalimnion*, não se tendo registado qualquer indício de uma anomalia térmica no fundo dos sistemas (Fig. 4.15 e 4.19).

Os perfis de pH e da condutividade não apresentam variações fora do traçado comum ao período do ano que possam indiciar alterações no quimismo da água

nestes sistemas, induzido por factores relacionados com a contaminação vulcânica esporádica.

Contudo, nas amostragens efectuadas nos dias 23 de Maio e 9 de Junho de 2005, a concentração de CO₂ livre e total apresenta uma concentração superior às restantes amostragens e uma variação da sua concentração em profundidade. Neste período, as amostragens levadas a cabo nas lagoas Azul e Verde no dia 19 de Julho e na Lagoa das Furnas no dia 21 de Julho apresentam as maiores concentrações de dióxido de carbono livre em profundidade.

No dia 20 de Setembro, investigadores do Departamento de Biologia da Universidade dos Açores, presenciaram a desgaseificação súbita dos gases retidos no sedimento da Lagoa do Congro devido ao sismo que ocorreu às 12 horas e 10 minutos horas e que provocou a queda de blocos de rocha da parede da cratera do lago, situação que poderá também ter contribuído para uma maior libertação de gás no lago. Assim, estes dados sugerem que a intensa actividade sísmica registada neste período é suficiente para despoletar uma contaste libertação do dióxido de carbono retido no sedimento dos lagos, o que explica a maior concentração do dióxido de carbono ao longo da coluna de água.

Na Lagoa do Congro nunca se verificou esta situação em relação à concentração do dióxido de carbono e os perfis, de uma forma geral, apresentam um traçado comum para a época do ano.

Relativamente aos aniões analisados, cloreto e sulfato, elementos que poderão contribuir para a investigação, caso se verifique um aumento da contaminação vulcânica, apresentam concentrações relativamente homogéneas nas últimas amostragens ao longo da coluna de água.

Do cruzamento dos elementos Ca vs CO₂ livre (Fig. 4.53), é notório o aumento da concentração do ião cálcio na água da Lagoa do Fogo, coincidente com o aumento do teor de CO₂ no lago no dia 23 de Maio de 2005, sugerindo que esta espécie iónica é rapidamente lixiviada, o que indicia ser um elemento extremamente útil na sua aplicação na monitorização destes sistemas, na eventualidade da entrada de dióxido de carbono juvenil.

Como sugere Kempter (2000), a entrada de fluidos de natureza magmática nos lagos provoca a dissolução da rocha das paredes da cratera dos vulcões e poderá

ser identificada através do cruzamento dos catiões maiores contra o cloreto (Fig 6.3).

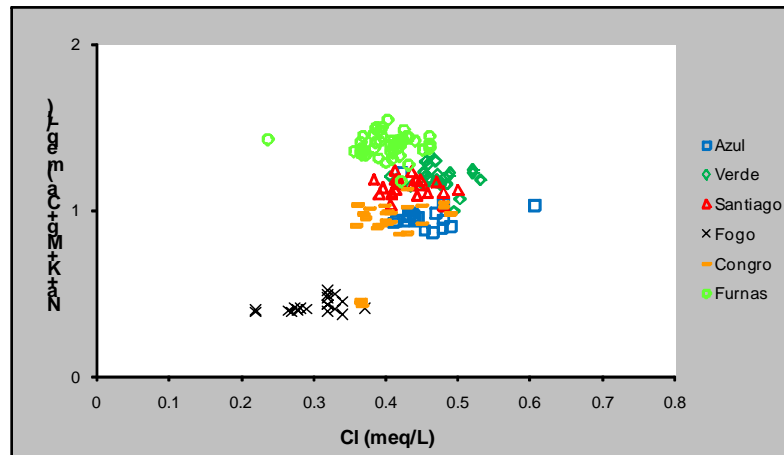


Fig. 6.3. Relação entre a concentração dos catiões com o anião cloreto, nos lagos de São Miguel.

A relação entre os parâmetros considerados, aparenta diferenciar os lagos onde ocorre uma maior dissolução dos catiões através dos processos de inter-acção água-rocha. Contudo, não revela uma situação no aumento destas espécies em função do cloreto, principalmente nos lagos localizados próximo da área afectada pela crise sísmica.

Também do cruzamento dos aniões sulfato com o cloreto (Fig. 6.4) e da relação entre o magnésio e o cloreto (Fig. 6.5) é possível identificar o aumento da contaminação dos fluidos de natureza magmática na água dos lagos (Armienta *et al.*, 2000; Varekamp *et al.*, 2000).

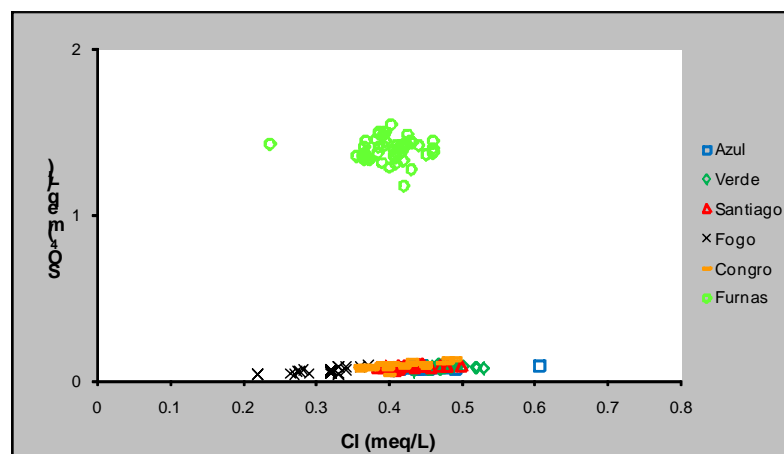


Fig. 6.4. Relação entre a concentração dos aniões sulfato com o cloreto, nos lagos de São Miguel.

Do cruzamento dos elementos sulfato com o cloreto, é notória a forma como as amostras de água da Lagoa das Furnas se destacam das restantes. Este resultado aponta no sentido da discussão efectuada no capítulo dedicado à hidrogeoquímica, isto é, na contaminação da água deste sistema devido ao *input* de fluidos de origem vulcânica. Contudo, as restantes amostras dos lagos, nomeadamente das Lagoas do Fogo e do Congro, evidenciam um aumento da concentração do anião cloreto praticamente independente do anião sulfato, condição que sugere a não contaminação dos sistemas devido à entrada súbita de fluidos de natureza magmática.

Também a utilização da relação destes parâmetros na mitigação da actividade vulcânica nos sistemas aquáticos não é conclusiva.

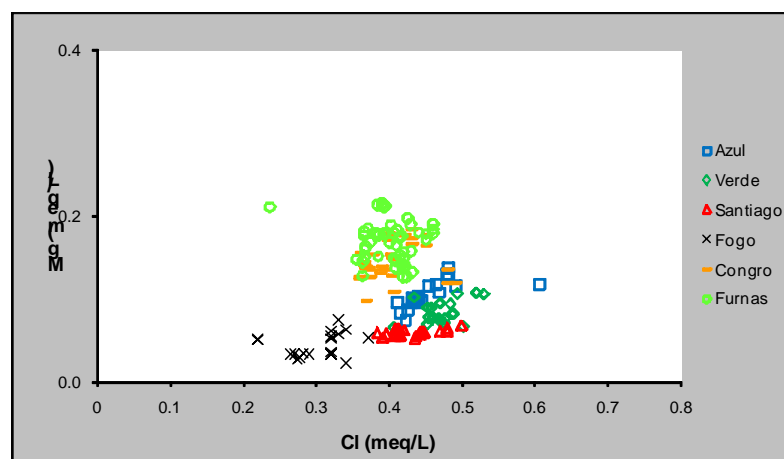


Fig. 6.5. Relação entre a concentração dos aniões magnésio com o cloreto, nos lagos de São Miguel.

Assim, poderemos concluir que estes sistemas lacustres se mantiveram geoquimicamente estáveis e na eventualidade de existir uma interacção com fluidos de natureza vulcânica, como os dados apontam, nomeadamente, no caso da Lagoa das Furnas, poderemos considerar uma situação normalizada ao longo da monitorização realizada.

7. CONCLUSÃO

O estudo hidrogeoquímico de lagos vulcânicos é uma área das Ciências da Terra que tem ganho uma maior atenção nos últimos anos. Com efeito, o estudo destas massas de água, quando em contacto com fluidos de origem magmática, permite um melhor conhecimento da dinâmica destes sistemas vulcânicos e oferece grandes potencialidades aplicadas na vigilância sismovulcânica.

Do levantamento histórico efectuado acerca da ocorrência de erupções vulcânicas nos Açores é possível verificar que, apesar dos registos bibliográficos não focarem este tipo de eventos com grande rigor, há indícios da ocorrência de vários eventos terem ocorrido nestes sistemas lacustres, ou nas suas proximidades, com manifestações de extrema explosividade, nomeadamente a erupção de 1563, na Lagoa do Fogo, e a erupção de 1630, na Lagoa das Furnas. Na sequência destas erupções ocorreu a formação de novos lagos.

De uma forma geral, a água dos lagos estudados corresponde a uma tipologia cloretada sódica, com algumas amostras a demonstrarem uma tendência bicarbonatada sódica.

Os resultados do presente estudo sugerem, de uma forma geral, que é possível agrupar os lagos em três conjuntos diferenciados pelos processos mineralizadores que ocorrem nestes sistemas.

As Lagoas da Furna do Enxofre, do Algar do Carvão e das Furnas destacam-se dos restantes lagos, formando um grupo em que o quimismo destas águas está relacionado com a dissolução dos minerais silicatados. Contudo, como ficou patente ao longo do trabalho, estes processos estão intimamente relacionados com a contaminação de fluidos de origem vulcânica, situação bem patente na Furna do Enxofre, e que através da neutralização destes fluidos mais ácidos, processo natural de tamponização do sistema, acarreta a entrada de iões em solução. Não obstante, esta situação não é tão evidente na Lagoa do Algar do Carvão e a existir uma modificação neste sistema da mesma proveniência, os dados sugerem que se efectuará de forma menos óbvia.

O estado de equilíbrio destes lagos difere dos restantes, encontrando-se a água sobressaturada relativamente a algumas das espécies minerais, nomeadamente a calcedónia, o quartzo, a caulinite e a ilite. No lago da Furna do Enxofre e do Algar do Carvão, *grosso modo*, a água encontra-se sobressaturada nas espécies minerais de sílica, com a albite a demonstrar uma tendência neste sentido.

A água da Lagoa das Furnas apresenta uma tendência do bicarbonato em solução e a da Lagoa da Furna do Enxofre é do tipo bicarbonatada magnesiânica.

Como sugerem os resultados da análise multivariada efectuada sobre um total de dados representativo, existe um segundo grupo de lagos formados pelos sistemas de maior dimensão, nomeadamente as Lagoas Verde, Azul, de Santiago e do Congro, em São Miguel, e as Lagoas Funda e Negra, nas Flores. Os resultados do estudo hidrogeoquímico sugerem que nestes sistemas aquáticos não existe um processo mineralizador dominante, mas que estão sob influência transporte de sais de origem marinha, assim como da hidrólise a partir da interacção água-rocha.

O terceiro grupo de lagos é constituído pelos sistemas lacustres da ilha do Pico, da Lagoa da Lomba, Rasa e Comprida, na ilha das Flores, do Caldeirão, na ilha do Corvo e da Lagoa do Fogo, na ilha de São Miguel. Este conjunto compreende as lagoas que encerram as águas tendencialmente menos mineralizadas e, como os dados obtidos sugerem, o mecanismo de controlo do quimismo nestes sistemas está relacionado predominantemente com a contaminação de sais de origem marinha provenientes do acarreio atmosférico. Estes sistemas apresentam água cloretada sódica.

A temperatura é um factor de extrema importância nestes sistemas, devido a ser responsável pela variação da densidade e ao aumento da resistência térmica.

A diminuição abrupta do oxigénio na coluna de água é congruente com a existência da termoclina na água dos lagos que estratificam no Verão. Apesar da Lagoa das Furnas não apresentar uma estratificação da água bem definida, a diminuição da temperatura entre a superfície da água e o fundo é suficiente para que o gradiente térmico que se faz sentir em alguns dos perfis denote uma depleção do oxigénio em profundidade, situação bem definida nos lagos de maior profundidade.

Esta situação, associada ao avançado estado de eutrofização de alguns dos sistemas lacustres estudados, sugere que o contributo do dióxido de carbono a partir do fundo destes sistemas possa estar relacionado com outra fonte, além da degradação da matéria orgânica que fica limitada aos processos anaeróbicos, pelo que não é de excluir uma contribuição de origem vulcânica difusa em alguns destes sistemas, nomeadamente nas Lagoas do Congro, Verde e de Santiago, na ilha de São Miguel.

O pH nos lagos é tendencialmente alcalino à superfície da água, diminuindo ao longo da coluna de água para valores ligeiramente ácidos, devido ao processo da respiração ser característico do fundo dos lagos devidamente oxigenados. As lagoas com índices de eutrofização mais elevados apresentam à superfície valores de pH próximo de 10, normalmente no período de Verão, época em que registam os valores máximos deste parâmetro. É nesta época que ocorrem florescências algais, alterando inclusivé a cor da água dos lagos, diminuindo a profundidade da zona eufótica e retendo mais energia calorífica nos primeiros metros de profundidade.

Nos lagos de menor profundidade este parâmetro não apresenta grande variação em profundidade, com valores de pH neutro a alcalino.

Nos sistemas de águas abertas, o *epilimnion* é influenciado pela componente de dióxido de carbono proveniente das trocas gasosas que se processam à superfície do lago e que são dependentes do pH. Deste modo, haverá uma maior dissolução do CO₂ consoante o aumento do pH da água.

O CO₂ total é essencialmente controlado pelo bicarbonato nos lagos de maior volume e nos sistemas da ilha do Pico apresenta uma boa relação com o dióxido de carbono livre. A Lagoa do Fogo apresenta os menores valores de dióxido de carbono livre e total ao longo do levantamento de campo, o que constitui uma excepção em relação aos sistemas lacustres de maior dimensão.

O bicarbonato é o principal anião analisado do total das espécies aniónicas estudadas, nos sistemas lacustres com maior dimensão. Todavia, a Lagoa do Fogo apresenta-se como a única excepção, sendo esta espécie química a segunda mais importante na composição química das águas. Este sistema apresenta muitas

características semelhantes aos lagos com menor dimensão, particularmente no que respeita aos processos que controlam o quimismo da água.

Os lagos localizados nas regiões costeiras ou insulares recebem frequentemente entradas significativas de cloretos provenientes do transporte atmosférico a partir de saís marinhos, justificada pela proximidade dos lagos à linha de costa. Nos lagos de menor dimensão, este anião é dominante devido ao acarreo atmosférico deste elemento.

Exceptuando o Lago da Graciosa e o Lago do Algar do Carvão, a maioria dos lagos apresenta uma reduzida concentração em sílica que, em especial nos lagos onde a eutrofização é mais acentuada, apresenta uma variação significativa em profundidade.

Também a existência da estratificação da água contribui para a heterogeneidade da sílica em profundidade, associada a uma forte assimilação da sílica na camada trofогénica.

Dos resultados dos isótopos analisados é possível individualizar 3 grupos de lagoas onde se procedeu a este tipo de amostragem.

A Furna do Enxofre e o Algar do Carvão apresentam valores mais leves para o ^2D e o ^{18}O , um segundo grupo de água é formado pelas lagoas das Furnas, do Congro, de Santiago e do Fogo, que apresentam valores intermédios, apresentando a Lagoa Azul um resultado um pouco superior no sentido das águas mais pesadas. Um último grupo é constituído pelas duas amostras mais pesadas analisadas da Lagoa Verde. Os resultados reflectem os processos de evaporação a que, de uma forma geral, estes sistemas de água abertos estão sujeitos e que estão bem documentados.

Em relação ao $\delta^{13}\text{C}$, a água da Furna do Enxofre apresenta um resultado indicativo da eventual perda de dióxido de carbono por ebulição. Situação semelhante ocorre em menor escala nas águas termais analisadas nos Açores, o que sugere a contaminação da água da lagoa devido ao *input* de voláteis no fundo do lago, cuja concentração é dominada pelo CO_2 .

As águas dos lagos do Congro, Verde e Santiago são mais leves e indicam que pelo menos parte do dióxido de carbono poderá ter origem na decomposição da

matéria orgânica que decorre no fundo dos sistemas, para mais potenciado pelo seu estado de eutrofização.

Os lagos do Algar do Carvão e da Lagoa Verde, apresentam um resultado isotópico dentro da gama correspondente aos valores típicos do carbono juvenil. Não obstante, a recolha e tratamento das amostras relativas à análise deste elemento estão sujeitos à contaminação de origem atmosférica, situação que poderá revelar valores menos negativos em relação às amostras

Os valores mais pesados de $\delta^{34}\text{S}$ para as lagoas de Santiago e do Congro, são de difícil explicação. Por outro lado, a possível explicação por contaminação de fluidos geotérmicos não parece ser compatível com os baixos valores de sulfato existentes na água, que em alguns dos sistemas lacustres, cuja bacia hidrográfica apresenta uma densa ocupação por explorações agropecuárias, apresentam um resultado em sulfato que poderá estar relacionado com a contaminação agrícola. Assim, não se exclui um eventual erro analítico nestas amostragens, pelo que uma segunda análise poderia confirmar os resultados obtidos.

A utilização do modelo DYRESM_CAEDYM reforça as conclusões desenvolvidas neste estudo, no sentido em que a concentração do dióxido de carbono não provém unicamente dos processos biológicos que aí decorrem, mas que poderá eventualmente estar relacionado com uma contribuição de origem vulcânica nestes sistemas.

Também o resultado destes últimos cenários permite verificar a capacidade “tamponizante” da Lagoa Verde. Apesar de entrar 100 vezes mais carbono no segundo cenário, o pH na água mantém valores muito semelhantes ao cenário anterior, com excepção na zona onde se regista maior concentração de carbono, alterando-se ligeiramente o seu valor.

A capacidade tampão na Lagoa das Furnas é reduzida, como se conclui do resultado de todos os cenários efectuados neste lago, conduzindo, invariavelmente, a uma acidificação da água.

Contudo, em algumas simulações na Lagoa Verde e do Fogo observa-se que o pH aumenta de valor. Estes cenários sugerem que quando o *input* de carbono não é significativo em relação ao volume de água, e se verifica também uma rápida

diluição do carbono na água, existe uma maior disponibilidade deste elemento por parte das algas. Assim, devido aos processos biológicos existentes nestes lagos, o pH aumenta de valor. Deste modo, considera-se que a entrada deste elemento tem influência na actividade biológica do lago.

Os resultados do presente estudo perspectivam boas possibilidades destes sistemas contribuírem para a vigilância vulcânica. Como foi referido, alguns dos sistemas apresentam uma contaminação dos sistemas por fluidos de origem magmática (Furna do Enxofre e Lagoa das Furnas). Noutros lagos esta situação não é tão evidente, mas existem indícios de que tal possa ocorrer contribuir para esta situação, por exemplo pela existência de fracturas.

As Lagoas das Sete Cidades, de Santiago, do Congro e das Furnas, e do Algar do Carvão e da Furna do Enxofre, respectivamente na Terceira e na Graciosa, apresentam potencialidades a ser exploradas com este propósito. Assim, poder-se-ia dar continuidade ao presente trabalho com a instalação de dispositivos permanentes que poderiam monitorizar estes sistemas de forma continuada. Neste sentido, estes lagos têm a vantagem de representarem uma barreira física natural a possíveis equipamentos de vigilância a actos de vandalismo que por vezes acontecem noutros locais mais expostos.

Também nos lagos propostos para este tipo de utilização seria fundamental um conhecimento mais aprofundado das interacções que existem nos sistemas lacustres, nomeadamente na possível entrada de água de nascentes ou subterrânea.

8. BIBLIOGRAFIA

- ABDEL-MONEM, A.A., FERNANDEZ, L.A., BOONE, G.M. (1968) – Pliocene-Pleistocene minimum K/Ar ages of the older eruptive centers eastern Azores. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 49, 363
- AGOSTINHO, J. (1932) – Vulcanismo dos Açores. *Vista Geral. A Terra*, 4, 32-36.
- AGOSTINHO, J. (1936) – Tectónica, sismicidade, e vulcanismo das ilhas dos Açores, *Açoreana*, Vol. I, 2, 87,98.
- ALBARÈDE, F. (2003) – *Geochemistry: an introduction*. Univ. Press, Cambridge, Unit. Kingdom, 248p.
- ALLARD, P., DAJLEVIC, D. e DELARUE C. (1989) - Origin of carbon dioxide emanation from the 1979 Dieng eruption, Indonesia: Implications for the origin of the 1986 Nyos catastrophe. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 39, pp. 195 – 206.
- ALVERNE, A.M. (1961) – *Crónicas da província de S. João evangelista das ilhas dos Açores*. Vol. II, Ed. Inst. Cult. de P. Delgada. p.273
- AGUIAR, P., ANTUNES, P., MESTRE, R., RAPOSEIRO, P.M., COSTA, A. (2008) – *Dinâmica biogeoquímica de sistemas aquáticos da ilha das Flores*. XIII expedição científica do departamento de biologia – Flores e Corvo 2007, Rel. e Comum. Dep. Biol., nº 35, pp. 15-27
- AGUILERA, E., CHIODINI, G., CIONI, R., GUIDI, M., MARINI, L. E RACO, B. (2000) - Water chemistry of Lake Quilotoa (Ecuador) and assessment of natural hazards. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 271-285.
- ALMEIDA, C. & SILVA, M.L. (1991) – Aplicação de análise multivariada ao estudo da hidroquímica de áreas diapíricas Portuguesas. *Geolis*, revista da secção de Geologia Ec. E Aplicada, Vol. V(1,2), p.69-80
- ARMIENTA, M.A., DE LA CRUZ-REYNA, S., MACÍAS, J.L. (2000) - Chemical characteristics of the crater lakes of Popocatepetl, El Chichon, and Nevado de Toluca volcanoes, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 105-125.

- ANDERSON, M.P. & WOESSNER, W.W. (2002) – Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport. Academic Press, San Diego, California, 381p.
- ANTUNES, P. (2003) – *Lagos Vulcânicos dos Açores: Caracterização geoquímica e monitorização vulcanológica*. Dissertação apresentada à Universidade dos Açores para efeito de obtenção do Grau de Mestre em Vulcanologia e Riscos Geológicos. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 99p.
- ANTUNES, P. & CRUZ, J.V. (2005) – Estudo hidrogeoquímico em lagos vulcânicos dos Açores: perfis realizados nos lagos da ilha de São Miguel. *Comunicações Geológicas*, t. 92, pp. 79-106.
- ANTUNES, P., CRUZ, J.V., FREIRE, P., COUTINHO, R. (2007a) - Hydrogeochemistry of volcanic lakes from Flores island (Azores, Portugal): preliminary data. Abstract Book, ISSN: 1029-7006. *General Assembly 2007 - European Geosciences Union*. Viena, Áustria.
- ANTUNES, P., CRUZ, J.V., FREIRE, P., COUTINHO, R. (2007b) - Estudo Hidrogeoquímico dos Lagos Vulcânicos da Ilha do Pico (Açores). Livro de Resumos da XV semana – VI Congresso Ibérico de Geoquímica, Trás-os-Montes, pp.199.
- AZEVEDO, J.M.M.,(1998) - Geologia e Hidrogeologia da Ilha das Flores (Açores-Portugal). Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 403p.
- BALISTRIERI, L.S., TEMPEL, R.N., STILLINGS, L.L., SHEVENELL, L.A. (2006) – Modelling spatial and temporal variations in temperature and salinity during stratification and overturn in Dexter Pit Lake, Tuscarora, Nevada, USA. *Applied Geochemistry*, 21, pp. 1184-1203.
- BALL, J.W., NORDSTROM, D.K. (1991) – User's manual for WATEQ4F, with revised thermodynamic data base and test cases for calculating speciation of major, trace, and redox elements in natural waters. USGS, Open-File Report 91-183, California, 188p.
- BARATA U. (2003) – contribuição ara a monitorização sísmica de um sistema vulcânico activo – Sete Cidades, Dissertação apresentada à Universidade dos

- Açores para efeito de obtenção do Grau de Mestre em Vulcanologia e Riscos Geológicos. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 123p.
- BARBERI, F., CHELINI, W., MARINELLI, G. e MARTINI, M. (1989) - The gas claud of Lake Nyos (Cameroon, 1986): Results of the Italian technical mission. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 39, pp. 125-134.
- BAYÃO, J.P. (1856) – Revista dos Açores, Tom. 1. In: Arquivo dos Açores, Vol. I, Instituto Universitário dos Açores, 1980. 569p.
- BERNER, E.K. e BERNER, R.A. (1996) – *Global environment: water, air and geochemical cycles*. Prentice Hall, New Jersey, 376p.
- BERNER, E.K. & BERNER, R.A. (1996) - Global Environment. Water, Air and Geochemical Cycles. Prentice-Hall, New Jersey, 376p.
- BLONG, R.J. (1984) - Volcanic Hazards: A Sourcebook on the Effects of Eruptions, Academic Press, Sydney, 388p.
- BOOTH, B., CROASDALE, R., WALKER, G.P.L. (1978). A quantitative study of five thousand years of volcanism on São Miguel, Azores. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 288, pp. 271-319.
- BRUCE, L.C., HAMILTON, D., IMBERGER, J., GAL, G., GOPHEN, M., ZOHARY, T., HAMBRIGHT, K.D. (2006) – A numerical simulation of the role of zooplankton in C, N and P cycling in the Lake Kinneret, Israel. *Ecological Modelling*, 193, pp.412-436
- BURGER, D.F., HAMILTON, D.P., PILDITCH, C.A. (2008) – Modelling the relative importance of internal and external nutrient loads on water column nutrient concentrations and phytoplankton biomass in a shallow polymictic lake. *Ecological Modelling*, 211, pp. 411-423
- CANFIELD, J.D., HOYER, M. V. (1988) – Influence of nutrient enrichment and light availability on the abundance of aquatic macrophytes in Florida streams. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 45, pp.1467-1472
- CARVALHO, M.R., NUNES, J.C., FRANÇA, Z. (2004) – Controlo hidrogeológico na formação das estalactites siliciosas do Algar do Carvão (Ilha Terceira). Livro de resumos, *III Jornadas Internacionais de Vulcanologia da Ilha do Pico*, São Roque do Pico, pp.21-23

- CAS, R.A., WRIGHT., J.V. (1987) – Volcanic successions. Chapman & Hall Ed., London, 528p.
- CHAGAS, F.D. (1645?) – *Espelho cristalino em jardim de várias flores*. Ed. Sec. Reg. Educação e Cultura, 1989, 731p.
- CLARK, I.D. E FRITZ, P. (1997) – *Environmental isotopes in Hydrology*. Lewis Publ., New York, 328p.
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. (2001) – *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd Ed., Plymouth, UK, 184p.
- COPETTI, D., TARTARI, G., MORABITO, G., OGGIONI, A., LEGNANI, E., IMBERGER, J. (2006) – A biogeochemical modelo f Lake Pusiano (North Italy) and its use in the predictability of phytoplankton blooms: first preliminary results. *Journal limnology*, 65(1), pp. 59-64.
- COLE, P.D., QUEIROZ, G., WALLENSTEIN, N., GASPAR, J.L., DUNCAN, A.M., GUEST, J.E. (1995) – Na historic subplinian/phreatomagmatic eruption: the 1630 AD eruption of Furnas Volcano, São Miguel, Azores. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 69, pp.117-135
- CORDEYRO, A. (1717) – *História insulana das ilhas a Portugal sugeytas no oceano occidental*. Ed. Região Autónoma dos Açores, Sec. Reg. Educação e Cultura, 1981, 528p.
- CHRISTENSON, B.W. (2000) – Geochemistry of fluids associated with the 1995-1996 eruption of Mt. Ruapehu, New Zealand: signatures and processes in the magmatic-hydrothermalsystem. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 1-30.
- CRUZ, J.V.M.F. (1997) - Estudo Hidrogeológico da ilha do Pico (Açores-Portugal). Dissertação apresentada à Universidade dos Açores para efeito de obtenção do Grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Hidrologia, 433p.
- CRUZ, J.V., (1998) – Volcanoes geochemical monitoring in the Azores archipelago: overview and prospect for the future. Advanced study course, Volcanic Hazard Assessment, Monitoring and Risk Mitigation, S. Miguel, 36p.
- CRUZ, J.V., COUTINHO, R.M., CARVALHO, M.R., OSKARSSON, N., GISLASON, S.R. (1999) - Chemistry of waters from Furnas volcano, São Miguel: fluxes of

- volcanic carbon dioxide and leached material. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 92, pp. 151-167.
- CRUZ, J.V., AMARAL, C. (2004) – Major ion chemistry of groundwaters from perched-water bodies at Azores (Portugal) volcanic archipelago. *Applied Geochemistry*, 19, 445-459.
- CRUZ, J.V., FRANÇA, Z. (2006) – Hydrogeochemistry of thermal and mineral springs of the Azores archipelago (Portugal). *J. Volcan. Geotherm. Res.*, 151, pp.382-398
- CRUZ, J.V., ANTUNES, P., AMARAL, C., FRANÇA, Z., NUNES, J.C. (2006) - Volcanic lakes of the Azores archipelago (Portugal): Geological setting and geochemical characterization. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 156, pp. 135-157.
- CUNHA, M.A. (1924) – *Calheta de São Jorge*. Ed. Sec. Reg. Educação e Cultura, 1981, Ponta Delgada, 559p.
- CUSTÓDIO, E., LLAMAS, M.R. (1983) – *Hidrologia subterrânea*. 2ª Ed., Ómega S.A., Vol. 1, Barcelona, 1157p.
- DELMELLE, P. & BERNAR, A. (2000) - Volcanic lakes. In: Sigurdsson, H., McNutt, S.R., Rymer, H., Six, D. (Eds.) *Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, San Diego, pp. 877-895
- DELMELLE, P., BERNAR, A., KUSAKABE, M., FISCHER, T.P., TAKANO, B. (2000) - Geochemistry of the magmatic-hydrothermal system of Kawah Ijen volcano, East Java, Indonesia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 31-53
- DEUTSCH, W.J. (1997) – *Groundwater geochemistry: fundamentals and applications to contamination*. Lewis publ., New York, 221p.
- DIAS, J.L.F. (2001) – Geologia e tectónica da ilha do Corvo (Açores-Portugal): contributos para o ordenamento do espaço físico. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre, Dep. De Ciencias da Terra, Universidade de Coimbra, 97p.
- DIEZ, D., RODRIGUEZ, J., MORZILLO, P. (1562?). In: *Arquito dos Açores*, Vol. I, Instituto Universitário dos Açores, 1980, 569p.

- DREVER, J.I. (1997) – *The geochemistry of natural waters: surface and groundwater environments*. 3ª Ed., Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 436p.
- DROTRH-INAG (2001) - Plano Regional da Água – Relatório Técnico, Versão para consulta Pública, Ponta Delgada. 414p.
- DRUMMOND, F.F. (1836) – *Annaes da ilha Terceira*. Tomo I, Angra do Heroísmo. Ed. Governo Autónomo dos Açores, Sec. Reg. Educação e Cultura, Vol. I, 1981, 191p.
- FARMER, J.G., GRAHAM, M.C. (1999) – Freshwater. In: *Understanding our environmental: an introduction to environmental chemistry and pollution*. 3ª ed. (Ed. HARRISON, R.M.), Royal Soc. Chem., Cambridge, pp. 71-138
- FERAUD, G., KANEOKA, I. & ALLÈGRE, C.J. (1980) – K/Ar ages stress pattern in the azores: geodynamic implications. *EPSL*, 46, pp.275-286.
- FERNANDES, J.G. (1986) – Carta geomorfológica da ilha Terceira. Notícia explicativa. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 39p.
- FERREIRA, T., GASPAR, J.L., QUEIROZ, G. (1993) - Considerações sobre as emanções gasosas da Furna do Enxofre (ilha Graciosa, Açores). *Açoreana* 7, 603-612.
- FERREIRA, T., OSKARSSON, N. (1999) – Chemistry and isotopic composition of fumarole discharges of Furnas caldera. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 92, pp. 169-179.
- FETTER, C.W. (1994) – *Applied hydrogeology*. 3ª Ed., Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 691p.en eaux. *Hydrogéologie*, 3, pp.135-142
- FONTES, J.C. (1989) – Isotopes et resources
- FORSYTH, D.J., MACKENZIE, A.L. (1981) – Limnology of Opal Lake. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 15, pp. 279-283.
- FRANÇA, Z. (2002) – *Origem e evolução petrológica e geoquímica do vulcanismo da ilha do Pico (Açores)*. São Roque do Pico, 391p.
- FRANÇA, Z.T., NUNES, J.C., CRUZ J.V., DUARTE, J.F., FORJAZ, V.H. (2003) - Estudo preliminar do vulcanismo da Ilha do Corvo, Açores. In: F.G. García e J.L.B. Valero (Ed.), *Proceedings da 3ª Assembleia Luso-Espanhola de*

- Geodesia e Geofísica*, Valência. Espanha. Editorial de la UPV- Universidad Politécnica de Valencia, Tomo II; 727-730.
- FRUTUOSO, G. (1977) – Livro *Quarto das Saudades da Terra*. Vol. I, Ponta Delgada. Instituto Cultural de Ponta Delgada, pp. 378
- FRUTUOSO, G. (1981) – Livro *Quarto das Saudades da Terra*. Vol. II, Ponta Delgada. Instituto Cultural de Ponta Delgada, 1981, pp. 397
- FRUTUOSO, G. (1987) – Livro *Quarto das Saudades da Terra*. Vol. III, Ponta Delgada. Instituto Cultural de Ponta Delgada, 1981, pp. 461
- GAL, G., IMBERGER, J., ZOHARY, T., ANTENUCCI, J., ANIS, A., ROSENBERG, T. (2003) – Simulating the thermal dynamics of Lake Kinneret. *Ecological Modelling*, 162, pp. 69-86.
- GASPAR, J.L., FERREIRA, T., QUEIROZ, G., WALLENSTEIN, N., PACHECO, J., GUEST, J., DUNCAN, A., COLE, A. (1995) – Evolução morfoestrutural do vulcão das furnas (Ilha de S. Miguel, Açores). *IV Congresso Nacional de Geologia*, Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Museu e laboratório Mineralógico e Geológico, Memória nº 4, pp.999-1003
- GASPAR, L.R.B. (1996) – Ilha Graciosa (Açores): história vulcanológica e avaliação do *hazard*. Dissertação apresentada para efeito de obtenção do Grau de Doutor em Geologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 241p.
- GASPAR, J.L., GOULART, C., QUEIROZ, G., SILVEIRA, D., GOMES, A. (2004) – Dynamic struture and data sets of a GIS data base for geological risk analysis in the Azores volcanic island. *Natural Hazart and Heart System Sciences* 4, 1-10.
- GASPAR, J.L., QUEIROZ, G. E FERREIRA, T. (1999) – *Sinopse sobre o enquadramento geoestrutural dos Açores*, Centro de Vulcanologia.
- GASPAR, J.L., QUEIROZ, G., PACHECO, J.M., FERREIRA, T., WALLENSTEIN, N., ALMEIDA, M.E COUTINHO, R. (2003) – Basaltic lava balloons produced during the 1998-2001 Serreta Submarine Ridge eruption (Azores). *Explosive Subaqueous Volcanism*, American Geophysical Union, Geophysical Monograph, 140. pp. 205-211
- GONÇALVES, V., COSTA, A., RAPOSEIRO, P., MARQUES, H. (2005) – Caracterização biológica das massas de água superficiais das ilhas de São

- Miguel, e Santa Maria. Cent. Cons. Prot. Amb., Dep. Biologia, Universidade dos Açores, 76p.
- GRIFFIN, S.L., HERZFELD, M., HAMILTON, D.H. (2001) – Modelling the impact of zooplankton grazing on phytoplankton biomass during a dinoflagellate bloom in the Swan River Estuary, Western Australia. *Ecological Engineering*, 16, pp. 373-394
- GUEST, J.E., GASPAR, J.L., COLE, P.D., QUEIROZ, G., DUNCAN, A.M., WALLENSTEIN, N., FERREIRA, T., PACHECO, J.M. (1999) – Volcanic geology of Furnas Volcano, São Miguel, Azores. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 92, pp.1-29
- HAMILTON, D.P. & SCHLADOW, S.G. (1997) – Prediction of water quality in lakes and reservoirs. Part I – Model description. *Ecological Modelling*, 96, pp. 91-110.
- HIPSEY, M.R., ROMERO, J.R, ANTENUCCI, J.P. & HAMILTON, D. 2006 – Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Model: CAEDYM v2. University of Western Australia, 90p.
- HODGES, B.R., IMBERGER, J., LAVAL, B., APPT, J. (2000) – Modelling the hydrodynamics of stratified lakes. *Hydroinformatics conference*. Iowa Institute of Hydraulic Research, 23-27 July, EUA, 14p.
- HOEFS, J. (2004) – *Stable isotope geochemistry*. 5ª Ed., Springer, Berlin, 244p.
- HORNUNG, R. (2002) – Numerical Modelling of Stratification in Lake Constance with the 1-D hydrodynamic model DYRESM. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre, Universidade de Stuttgart, Stuttgart, 101p.
- HURTADO, J.V. (2006) – Basin-Scale Hydrodynamics in a Mediterranean Reservoir. Implications for the hytoplankton dynamics. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor, Universidade de Girona, Espanha, 166p.
- IMBERGER, J., PATTERSON, J.C., HEBBERT, B., LOH, I. (1978) – Dynamics of reservoir of medium size. *Journal of Hydraulics Division*, 104, pp. 725-743.
- IMBERGER, J., PATTERSON, J.C. (1990) – *Physical limnology*. Adv. in Applied Mech, 27, pp.303-475.

- JAMES W. BALL AND D. KIRK NORDSTROM (1991) – USER’S MANUAL FOR WATEQ4F, with revised thermodynamic data base and test cases for calculation speciation of major, trace, and redox elements in natural waters. U.S. GEOLOGICAL SURVEY, Open-File Report, California pp. 91-183
- JØRGENSEN, S.E. (1995) – State-of-the-art management models for lakes and reservoirs. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 1 (2), pp. 79-87. <http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1440-1770.1995.tb00009.x>
- KANARI, S. (1989) - An inference on the process of gas outburst from Lake Nyos, Cameroon. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 39, pp. 135-149.
- KEMPTER, K.A. & ROWE, G.L. (2000) - Leakage of Active Crater lake brine through the north flank at Rincón de la Vieja volcano, northwest Costa Rica, and implications for crater collapse. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 143-159.
- KENT, A.D., YANNARELL, A.C., RUSAK, J.A., TRIPLET, E.W., MCMAHON, K.D. (2007) – Synchrony in aquatic microbial community dynamics. *The ISME Journal*. 1, pp.38-47
- KLING, G., EVANS, W. e TANYILEKE, G. (2001) - Technical report on the October 2001 field expedition to lakes Nyos and Monoun, Cameroon *University of Michigan*, <http://www.biology.lsa.umich.edu/~gwk/research/nyos.html> (Setembro de 2000).
- KRAUSE, D. e WATKINS, N. (1970) - “North Atlantic crustal genesis in the vicinity of the Azores”, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 19, 261-283.
- KUSAKABE, M., OHSUMI, T. e ARAMAKI, S. (1989) - The Lake Nyos gas disaster: chemical and isotopic evidence in waters and dissolved gases from three Cameroonian crater lakes, Nyos, Monoun and Wum. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 39, pp. 165-185.
- KUSAKABE, M., TANYILEKE, G.Z., McCORD, S.A., SCHLADOW, S.G. (2000b) - Recent pH and CO₂ profiles at Lakes Nyos and Monoun, Cameroon: implications for the degassing strategy and its numerical simulation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 241-260.

- LAMPERT, W., SOMMER, U. (2007) – *Limnoecology: the ecology of Lakes and streams*. 2ª ed., Oxford Univ. Press, New York, 324p.
- LAUGHTON, A., WHITMARSH, R. (1974): The Azores-Gibraltar plate boundary. In: KRISTJANSSON (Eds.) *Geodynamics of Iceland and North Atlantic Area*, Reidel Publ. Comp., 63-81.
- LLOYD, E.F., COLLIS, S.K. (1981) – Geothermal prospection – ilha Terceira, Açores: Geological Report. Geothermal Energy New Zealand Ltd, Sec. Reg. Com. Ind., p.77
- LOWER, S.K. (1999) – Carbonate equilibria in natural waters. *Environmental chemistry*, Simon F. University, <http://members.shaw.ca/slower/SKLstuff.html>
- MANAHAN, S.E. (2000) – *Environmental chemistry*. 7ª Ed., Boca Raton, Florida, 744p.
- MADEIRA, J.E.O. (1998) – Estudo de neotectónica nas ilhas do Faial, Pico e S. Jorge: uma contribuição para o conhecimento geodinâmico da junção tripla dos Açores. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia. Universidade de Lisboa, Lisboa, 481p.
- MADEIRA, J. (2000) – O controlo estrutural da erupção da Serreta (Terceira, Açores). 2ª Ass. *Luso Espanhola de Geodesia e Geofísica*, Lagos. p. 1-2
- MARINI, L., ZUCCOLINI, M.V., SALDI, G. (2003) - The bimodal pH distribution of volcanic lake waters. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 121, pp. 83-98.
- MARTÍNEZ, M., FERNÁNDEZ, E., VALDÉS, J., BARBOZA, V., VAN DER LAAT, R., DUARTE, E., MALAVASSI, E., SANDOVAL, L., BARQUERO, J. e MARINO, T. (2000) - Chemical evolution and volcanic activity of the active crater lake of Poás volcano, Costa Rica, 1993 – 1997. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 127-141.
- MARTINS, G., RIBEIRO, D. C., PACHECO, D., CRUZ, J. V., CUNHA, R., GONÇALVES, V., NOGUEIRA, R., BRITO, A.G., (2008) - Prospective scenarios for water quality and ecological status in Lake Sete Cidades (Portugal): The integration of mathematical modelling in decision processes, *Applied Geochemistry* 23, 2171–2181.

- MASTIN, L.G. & WITTER, J.B. (2000) - The hazards of eruptions through lakes and seawater. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 195-214.
- MEDEIROS, D., CRUZ, J.V., MALCATA, A., MENDES, S., (2005) – *Monitorização da qualidade da água das lagoas de São Miguel: comparação de resultados entre 2001 e 2004*. Ed. da SRAM, Gov. Reg. Açores, 178p. interpretation of water analysis. *Trans. Am. Geoph. Union*, 25, pp.914-923
- MOORE, R.B. (1990) – Volcanic geology and eruption frequency, São Miguel, Azores. *Bull. Volcanol.*, Vol. 52, 8, pp. 602-614
- MOORE, R.B. (1991) – Geology of three late quaternary stratovolcanoes on São Miguel. *U. S. Geol. Surv. Bull.* 1900, 46p.
- MORRISSEAU, M. (1987) – Les eruptions hydromagmatiques et les xenolites associes: signification geothermique (exemples de Flores et de Faial, Açores). Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Ciências da Terra, especialidade de Volcanologia – Geotermia, Universidade de Paris – Sul Centro D'orsay, França, 487p.
- NEEDHAM, H. e FRANCHETEAU, J. (1974): "Some characteristics of the rift valley in the Atlantic Ocean near 36° 48' north", *Earth Planet. Sci. Lett.*, 22, 29-43
- NELSON, S.A. (2004) – "Volcanic Landforms, Volcanoes and Plate Tectonics", (28-Jan-2004), <http://www.tulane.edu/~sanelson/geol204/volclandforms.htm>.
- NUNES, J.C. (1999) – A actividade vulcânica da ilha do Pico do Plistocénico Superior ao Holocénico: mecanismo eruptivo e hazard vulcânico. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 357p.
- NUNES, J.C., BARCELOS, P., PEREIRA, F., FORJAZ, V.H., BORGES, P.A. (2004) – Monumento natural regional do Algar do Carvão (ilha Terceira): biodiversidade e geodiversidade. *Atlântida, Inst. Açor. Cult.*, Vol. XLIX, Angra do Heroísmo, pp.279-286
- OHBA, T., HIRABAYASHI, J., NOGAMI, K. (2000) - D/H and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratios of water in the crater lake at Kusatsu-Shirane volcano, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 329-346.

- PASTERNAK, G. B. & VAREKAMP, J. C. (1994) - The geochemistry of the Keli Mutu crater lakes, Flores, Indonesia. *Geochemical Journal*. 28, pp. 243-262.
- PIMENTEL, D. (2004) – Contribuição para a vulcanoestratigrafia da sequência eruptiva recente do flanco norte do Vulcão do Fogo, São Miguel (Açores). Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 126p.
- PORTEIRO, J.M. (2000) - Lagoas dos Açores: Elementos de Suporte ao Planeamento Integrado. Dissertação apresentada para efeito de obtenção do Grau de Doutor em Geografia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 344p.
- POURCHET, M., PINGLOT, J.F., MALEY, J., MÉLIÈRES, M.A., ZOGNING, A. (1990) - Lake Bambuluwé (Cameroon): building-up the same scenario as Lake Nyos? *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 42, pp. 397-400.
- PURIFICAÇÃO, M. (1630?). In: Arquivo dos Açores, Vol. II, Instituto Universitário dos Açores, 1980, 583p.
- QUEIROZ, G. (1990) – Aspectos vulcanológicos do Maciço das Sete Cidades. Prestação de provas para progressão na carreira de investigação. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 148p.
- QUEIROZ, G., GASPAR, J.L., COLE, P.D., GUEST, J.E., WALLENSTEIN, N., DUNCAN, A.M. E PACHECO, J. (1995) - Erupções vulcânicas no vale das Furnas (ilha de S.Miguel, Açores) na primeira metade do século XV. *Açoreana* 8: 159-165.
- QUEIROZ, G. (1997) – Vulcão das Sete Cidades (S: Miguel, Açores): história eruptiva e avaliação do *hazard*. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 226p.
- PASTERNAK, G.B. & VAREKAMP, J.C. (1997) - Volcanic lake systematics L. Physical constraints. *Bull Volcanol*. 58, pp. 528-538.
- PIPER, A.M. (1944) – A graphic procedure in the geochemical
- REEVE, R. (2002) – *Introduction to environmental analysis*. John Wiley & Sons, Ltd, West Sussex, England, 301p.

- REICHERT, P. (1998) – Computer program for the identification and simulation of aquatic systems. Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology. ISBN: 3-906484-16-5, Dübendorf, Switzerland. 214p.
- RICE, A. (2000) - Rollover in volcanic crater lakes: a possible cause for Lake Nyos type disasters. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 233-239.
- RIDLEY, W.I., WATKINS, N.D., MACFARLANE, D.J. (1974) – The oceanic islands: Azores. In: The ocean basins and margins. Naim E., Stehli, F. (Eds.), 2, 445-483.
- ROMERO, J.R., ANTENUCCI, J.P., IMBERGER, J. (2004) – One and three-dimensional biogeochemical simulations of two differing reservoirs. *Ecological Modelling*, 174, pp. 173-160.
- RONDE, C.E.J., STOFFERS, P., GARBE-SCHÖNBERG, D., CHRISTENSON, B.W., JONES, B., MANCONI, R., BROWNE, P.R.L., HISSMANN, K., BOTZ, R., DAVY, B.W., SCHMIT, M., BATTERSHILL, C.N. (2002) - Discovery of active hydrothermal venting in Lake Taupo, New Zealand. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 115, pp. 257-275.
- ROSA, J. (1975) – *O culto eucarístico na iniciação do povoamento das ilhas do atlântico e suas constantes no arquipélago das ilhas dos Açores*. Angra do Heroísmo, 20p.
- ROSANSKI, K., FROELICH, K., MOOK, W. (2001) – Environmental isotopes in the hydrological cycle: principles and applications (surface water). Tec. Doc. In Hydrology, N.º 39, Vol. III, UNESCO, Paris, 117p.
- ROSENBAUM, M.S. (1974) – Basaltic volcanism in south-east Terceira, Azores. *Geol. Mag.*, 111, 5, pp. 409-420
- SANTOS, J.M. (1989) – Os Açores nos séculos XV e XVI. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em História. Universidade de Coimbra, Vol. I, 422p.
- SABROUX, J.C., VILLEVIELLE, A., DUBOIS, E., DOYTTE, C., HALBWACHS, M., VANDEMEULEBROUCK, J., (1990) - Satellite monitoring of the vertical temperature profile of Lake Nyos, Cameroon. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 42, pp. 381-385.

- SCARTH, A. (1999) - *Vulcan's Fury: man against the volcano*. World Print Ltd, Hong Kong. pp. 245-253.
- SCHEIDLEDER, A., GRATH, J., WINKLER, G., STÄRK, U., KOREIMANN, C., GMEINER, C. (1999) – *Groundwater quality and quantity in Europe*. Europ. Envir. Agency, Copenhaga, Dinamarca, 123
- SCHLADOW, S.G. & HAMILTON, D.P., 1997 – Prediction of water quality in lakes and reservoirs: Part II – Model calibration, sensitivity analysis and application. *Ecological Modelling*, 96, pp. 111-123.
- SEARLE, R. (1980): Tectonic pattern of the Azores spreading centre and triple junction", *Earth and Planet. Sci. Lett.*, pp.51, 415-434.
- SELF, S. (1974) – Recent volcanism on Terceira, Azores. PhD Thesis, London University, Imperial College, 236p.
- SELF, S. (1976) – The recent Volcanology of Terceira, Azores. *J.Geol. Soc. London*, 132, pp. 645-666
- SIGURDSSON, H., DEVINE, J.D., TCHOUA, F.M., PREVER, T.S., PRINGLE, M. K.W. e EVANS, W.C. (1987) Origin of the lethal gas burst from Lake Monoun, Cameroun. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 31, pp. 1-16
- SILVA, R.A. (2004) – Característica da sismicidade na região central da ilha de São Miguel (Açores): identificação e análise de famílias sísmicas. Dissertação apresentada à Universidade dos Açores para efeito de obtenção do Grau de Mestre em Vulcanologia e Riscos Geológicos. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 136p.
- SILVEIRA, D. (2000) – Características da sismicidade histórica da ilha de S. Miguel com base na reinterpretação de dados de macrossísmica: contribuição para a avaliação de riscos sísmicos. Dissertação apresentada à Universidade dos Açores para efeito de obtenção do Grau de Mestre em Vulcanologia e Riscos Geológicos. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 149p.
- SPARKS, R.S.J., BURSIK, M.I., CAREY, S.N., GILBERT, J.S., GLAZE, L.S., SIGURDSSON, H. e WOODS, A.W. (1997) - *Volcanic Plumes*. John Wiley & Sons, New York, 590 p.

- STEINMETZ, L., HIRN, A., SAPIN, M., WHITMARSH, R., MOREIRA, V. (1976): "Zone of P wave attenuation beneath the crest of Mid-Atlantic Ridge", *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 4
- TAKANO, B. e WATANUKI, K. (1990) - Monitoring of volcanic eruptions at Yugama crater lake by aqueous sulfur oxyanions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 40, pp. 71-87.
- TIMMS, B.V. (1992) *Lake Geomorphology*. Gleneagles Publishing, Australia. pp. 61-76
- VAREKAMP, J.C., THOMAS, E. (1998) - Volcanic and anthropogenic contributions to global weathering budgets. *Journal of Geochemical Exploration*. 62, pp. 149-159.
- VAREKAMP, J.C., PASTERNAK, G.B., ROWE Jr., G.L. (2000) - Volcanic lake systematics II. Chemical constraints. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 161-179.
- VAREKAMP, J.C. (2002) - Volcanic lakes: Coloured windows into magma chamber. II Jornadas Internacionais de Vulcanologia da Ilha do Pico, Pico, Portugal, pp. 71-72.
- VESPERMANN, D., SCHMINCKE, H.U. (2000) – Scoria cones and tuff rings. In: Sigurdsson, H., McNutt, S.R., Rymer, H., Six, D. (Eds.) *Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, San Diego, pp. 683-696
- WALLACE, P., ANDERSON, A.T.Jr. (2000) – Volatiles in magma. In: Sigurdsson, H., McNutt, S.R., Rymer, H., Six, D. (Eds.) *Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, San Diego, pp. 149-170
- WALLENSTEIN, N. (1999): *Estudo da história recente e do comportamento eruptivo do Vulcão do Fogo (S. Miguel, açores). Avaliação preliminar do hazard*, Tese de doutoramento no ramo de Geologia, especialidade de Vulcanologia. Universidade dos Açores, Departamento de Geociências, 266 p.
- WALLEINSTEIN, N., CHESTER, D.K., DUNCAN, A.M. (2005) – Methodological implications of volcanic hazard evaluation and risk assessment: Fogo Volcano, São Miguel, Azores. *Z. Geomorph. N.F.*, 140, pp.129-149

- WALTHER, J.V. (2005) – *Essentials of geochemistry*. Jones and Bartlett Publishers, Massachusetts, 704p.
- WATERLOO HYDROGEOLOGIC (1999) – *Aquachem User's Manual: Aqueous Geochemical Data Analysis, Plotting and Modeling*, Waterloo Hydrogeologic, p. 184.
- WESTON, F.S. (1964) - List of recorded volcanic eruptions in the Azores with brief reports. *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. FCUL*, 10(1), pp. 3-18.
- WETZEL, R. G. (1993). *Limnologia*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 407p.
- WHITE, W.M. (1999) – *Geochemistry. International mine water association*, <http://www.imwa.info/geochemistry/> (consulta 22/03/2006)
- WHITE, A.F. (2005) – Natural weathering rates of silicate minerals, pp. 133-168. In: *Surface and Ground water, weathering, and soils* (ed. Drever, J.I.) Vol. 5, *treatise on Geochemistry* (eds Holland, H.D. e Turekian, K.K.), Elsevier, Pergamon, Oxford.
- WILSON, N. (1995) – *Soil water and groundwater sampling*. Lewis publ., New York, 188p.
- WOODHALL, D. (1974) – Geology and volcanic history of Pico island volcano, Azores. *Nature*, 248, pp.663-665
- ZHANG, Y (2000) - Energetics of gas-driven limnic and volcanic eruption. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97, pp. 215-218
- ZBYSZEWSKI, G., FERREIRA, O.V., ASSUNÇÃO, C.T. (1959) – *Carta geológica de Portugal: notícia explicativa folha «A» S. Miguel (Açores)*. Sev. Geol. de Portugal, Lisboa, 22p.
- ZBYSZEWSKI, G. (1961) – “Étude géologique de l'île de S. Miguel (Açores)”, *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal, tomo XLV*, Lisboa, 79 p.
- ZBYSZEWSKI, G., FERREIRA, C.R, FERREIRA, O.V., ASSUNÇÃO, C.T. (1963a) – *Carta geológica de Portugal: notícia explicativa folha «A» Ilha do Pico (Açores)*. Sev. Geol. de Portugal, Lisboa, 24p.

- ZBYSZEWSKI, G., FERREIRA, C.R, FERREIRA, O.V., ASSUNÇÃO, C.T. (1963b) – *Carta geológica de Portugal: notícia explicativa folha «B» Ilha do Pico (Açores)*. Sev. Geol. de Portugal, Lisboa, 21p.
- ZBYSZEWSKI, G. (1967) – *Carta geológica de Portugal: notícia explicativa da folha Ilha do Corvo*. Sev. Geol. de Portugal, Lisboa, 16p.
- ZBYSZEWSKI, G. (1968) – Levantamentos Geológicos da ilha Terceira (Açores). *Mem. Acad. Ciências de Lisboa, classe de ciências*, Tomo XII, pp.185-199
- ZBYSZEWSKI, G., MEDEIROS, A.C., FERREIRA, O.V. (1971) – *Carta geológica de Portugal: notícia explicativa da folha da Ilha Terceira*. Sev. Geol. de Portugal, Lisboa, 43p.

ANEXO I

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIAÇÃO DO LOG (IS) RELATIVO
ÀS AMOSTRAS DE ÁGUA DOS LAGOS DA ILHA DE SÃO MIGUEL

ANEXO II

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIAÇÃO DO LOG (IS) RELATIVO
ÀS AMOSTRAS DE ÁGUA DOS LAGOS DA ILHA DO PICO

ANEXO III

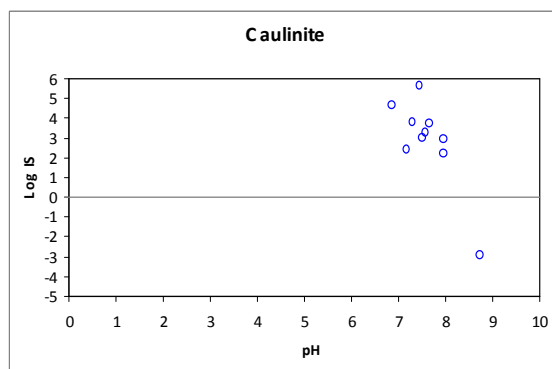
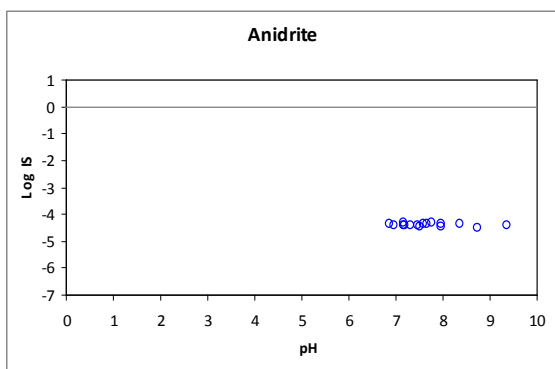
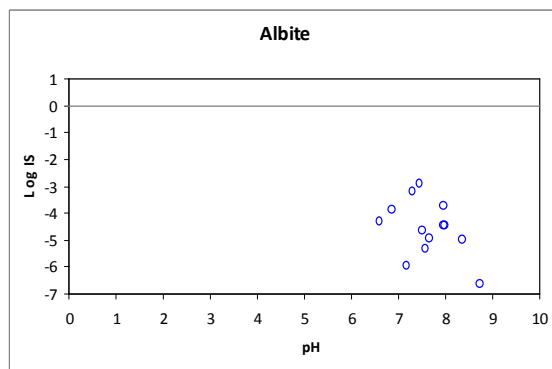
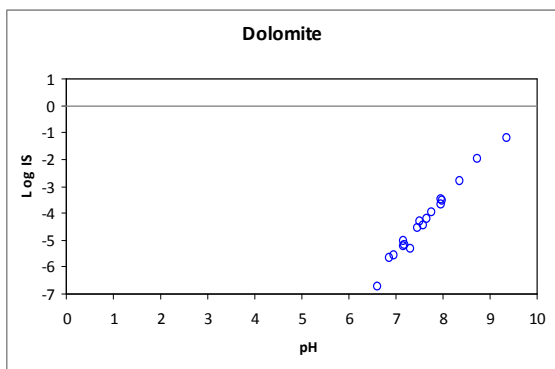
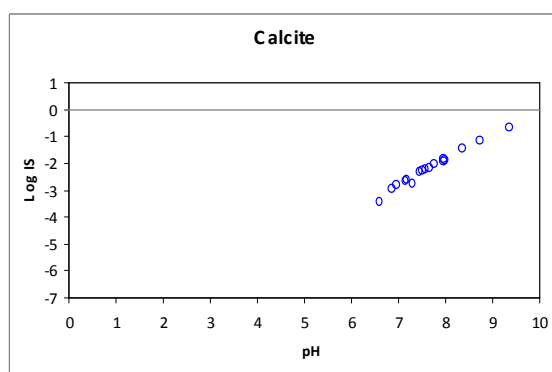
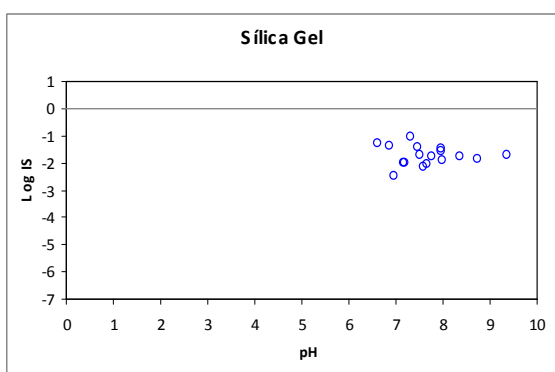
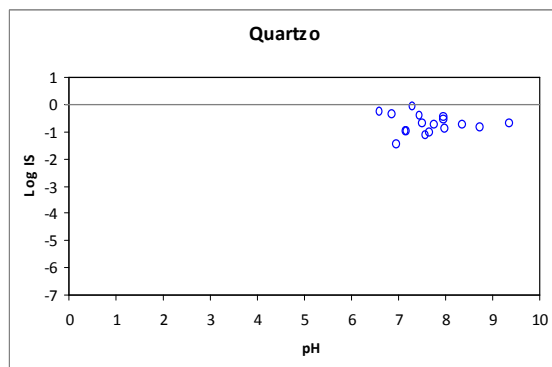
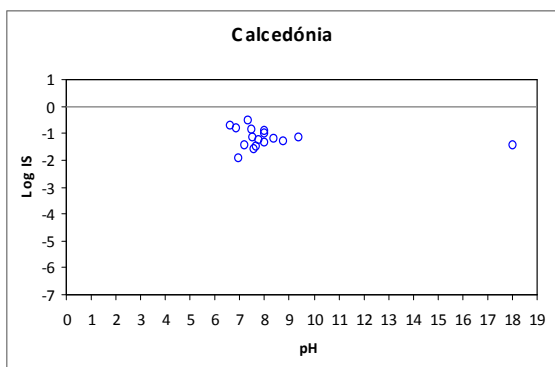
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIAÇÃO DO LOG (IS) RELATIVO
ÀS AMOSTRAS DE ÁGUA DOS LAGOS DA ILHA DAS FLORES

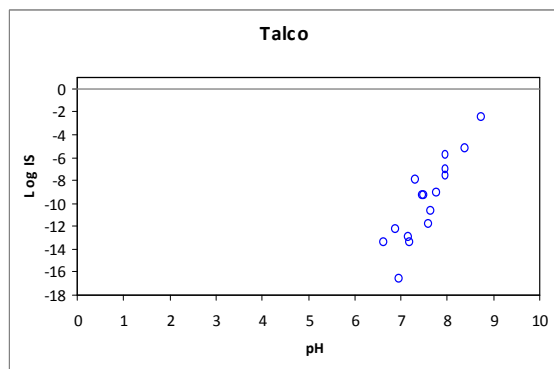
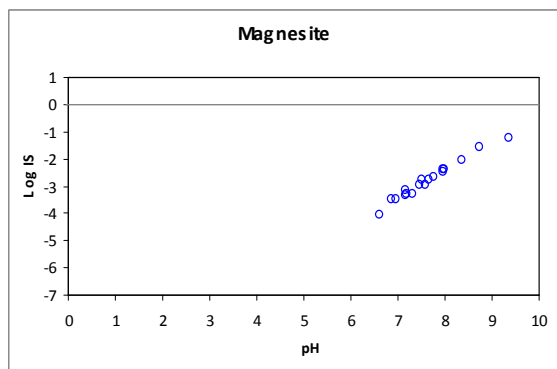
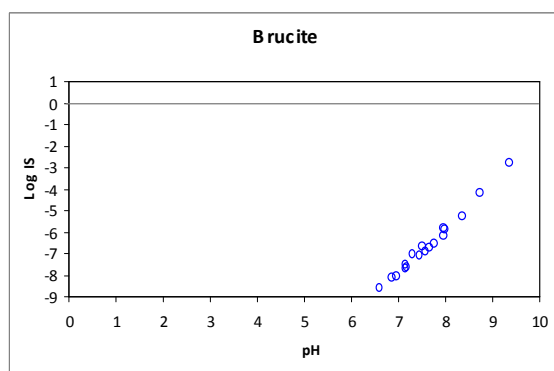
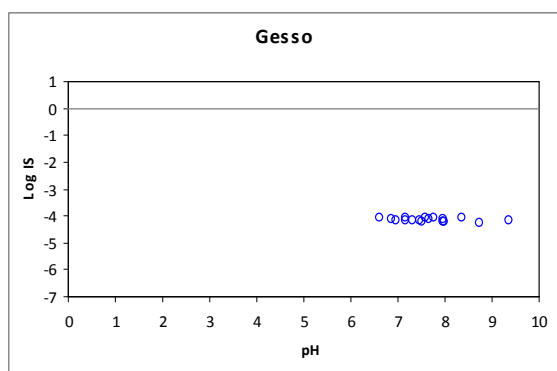
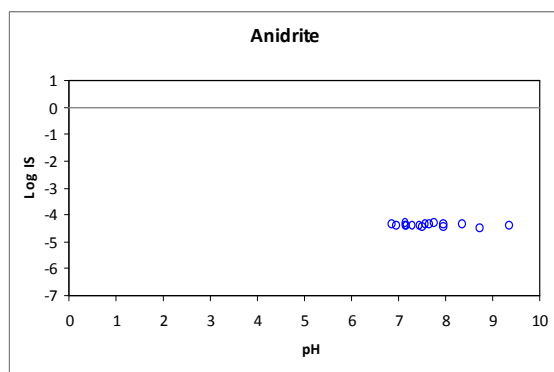
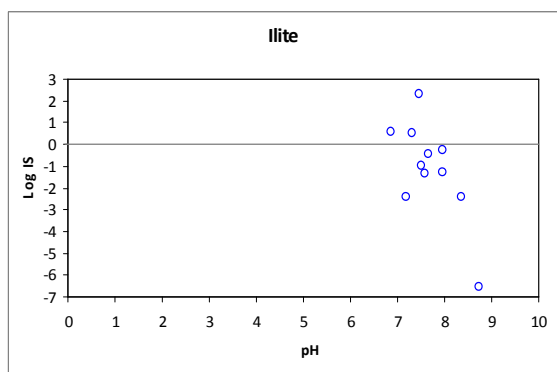
ANEXO IV

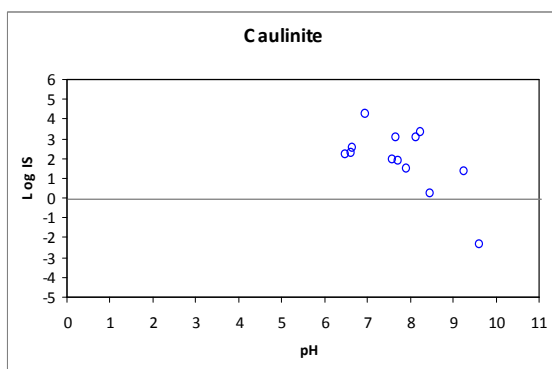
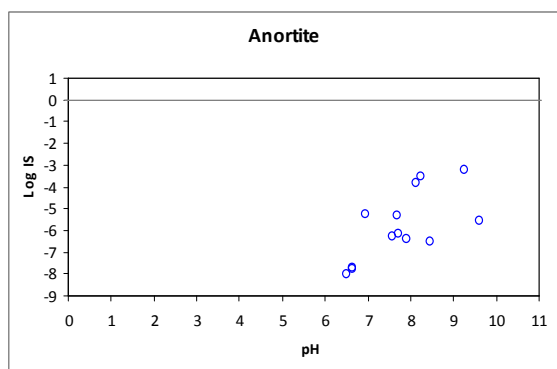
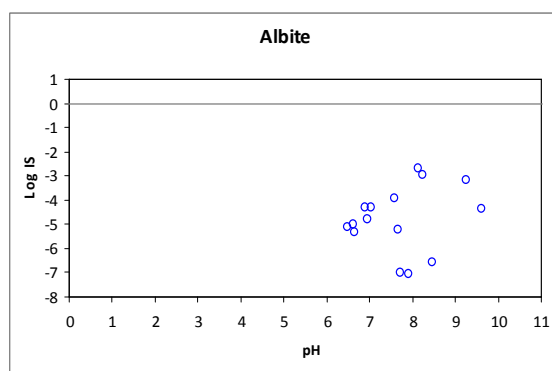
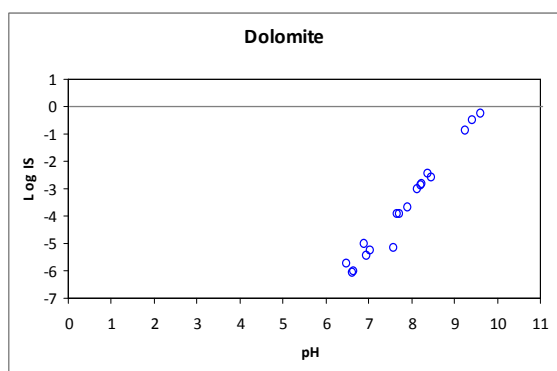
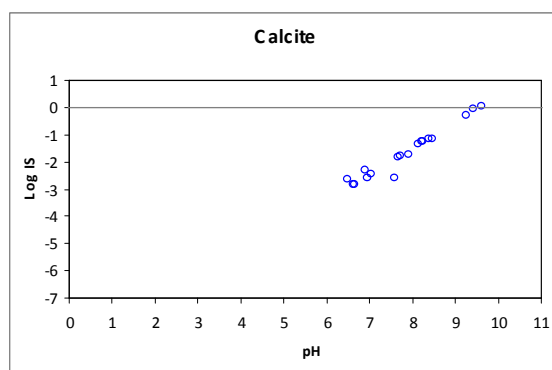
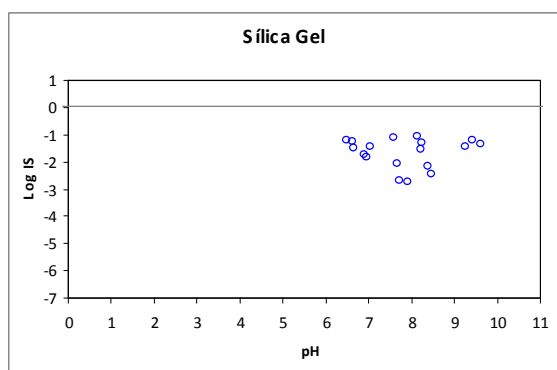
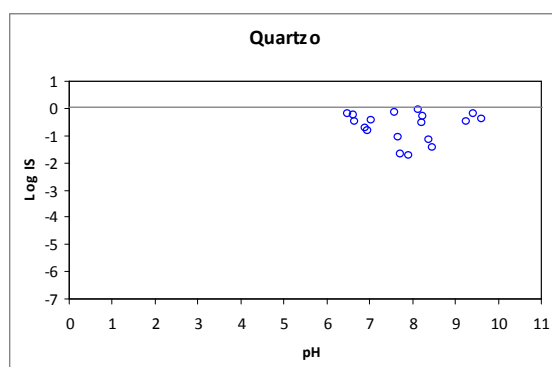
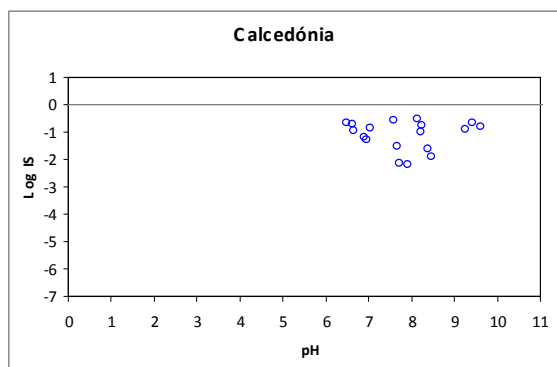
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIAÇÃO DO LOG (IS) RELATIVO
ÀS AMOSTRAS DE ÁGUA DA LAGOA DO ALGAR DO CARVÃO

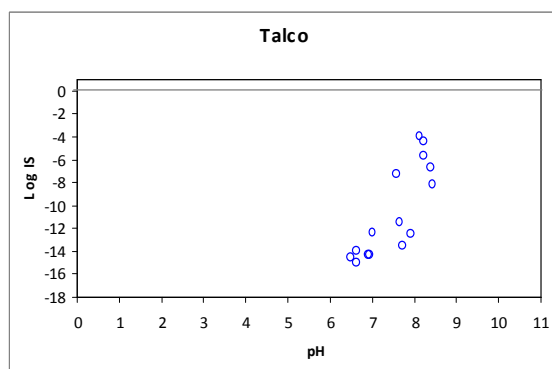
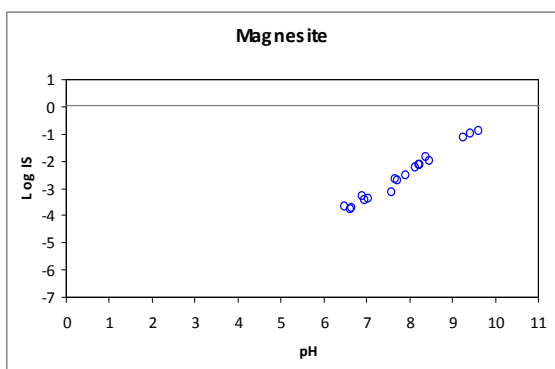
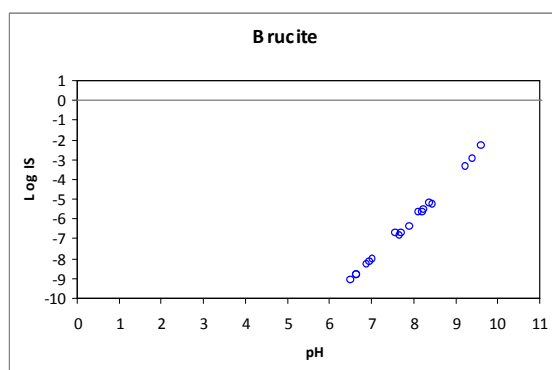
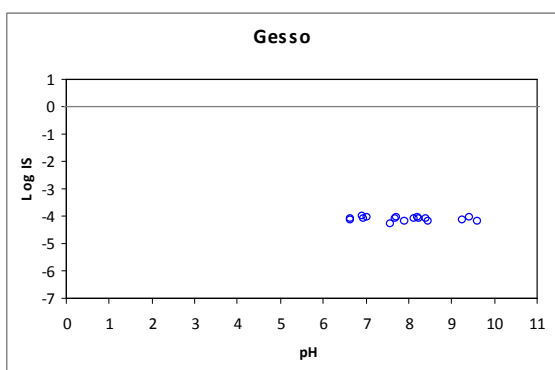
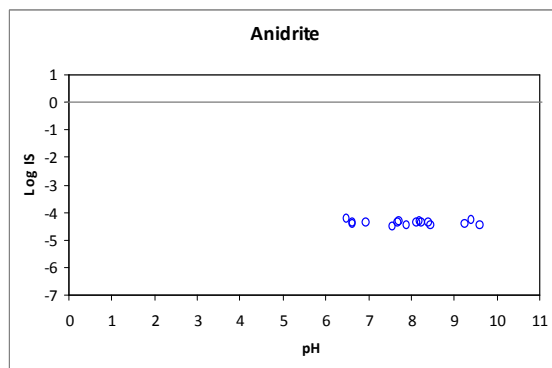
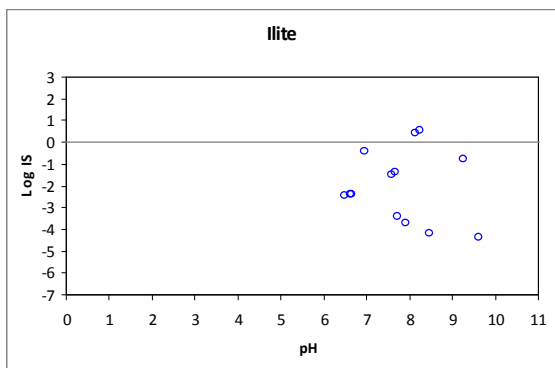
ANEXO V

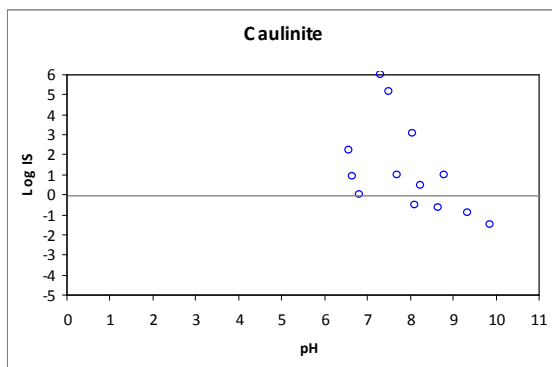
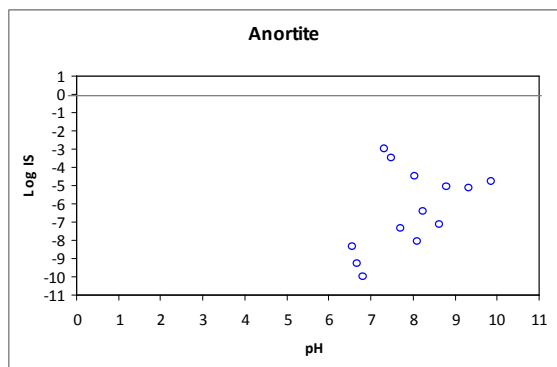
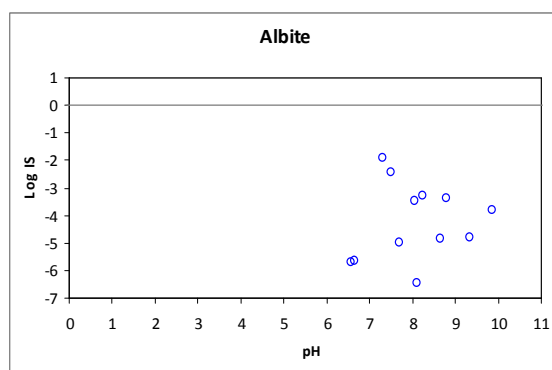
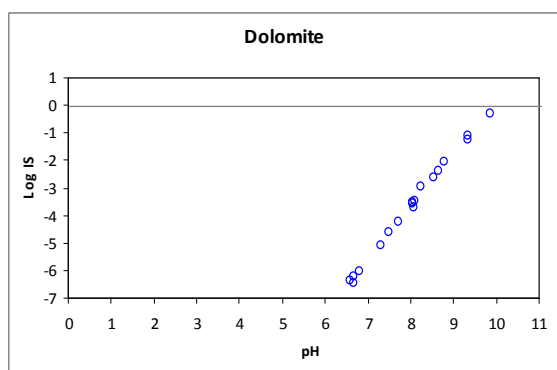
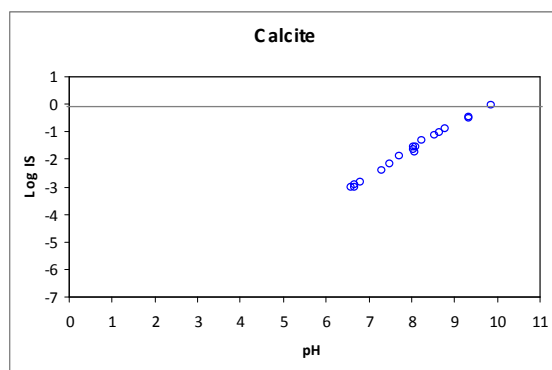
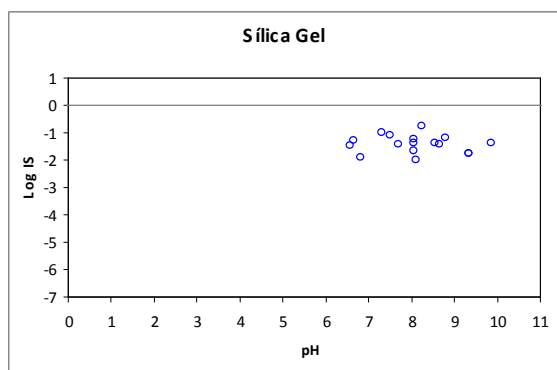
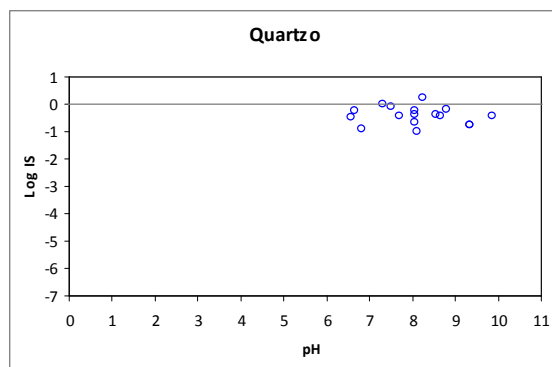
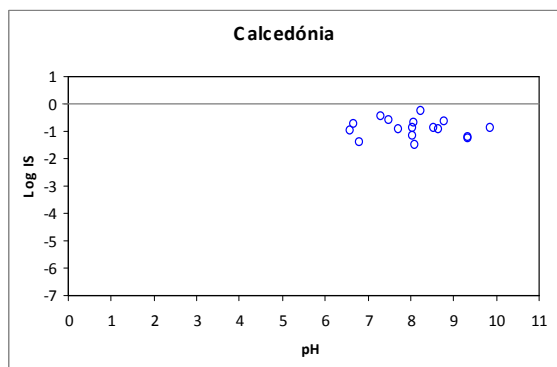
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIAÇÃO DO LOG (IS) RELATIVO
ÀS AMOSTRAS DE ÁGUA DO LAGO DA FURNA DO ENXOFRE

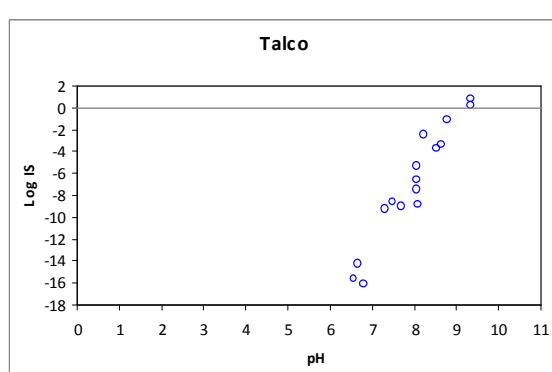
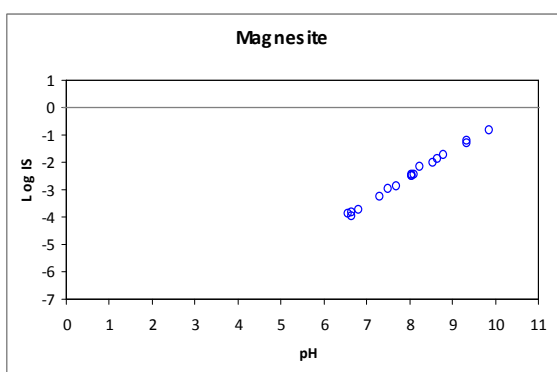
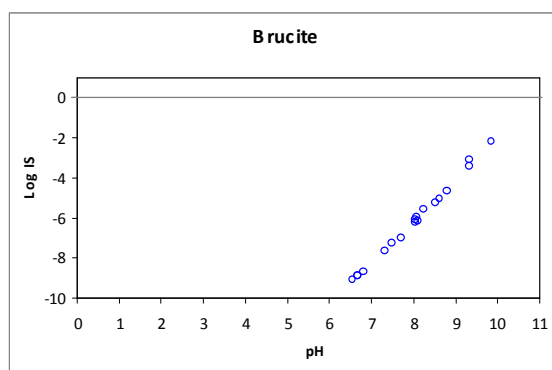
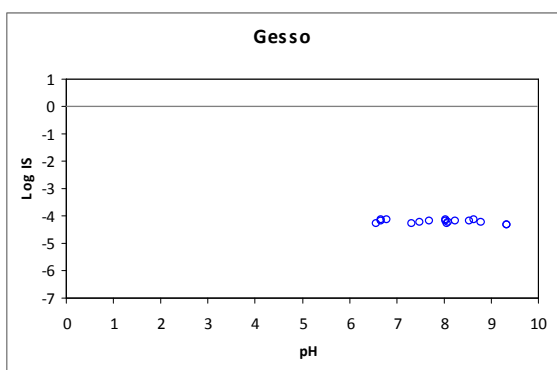
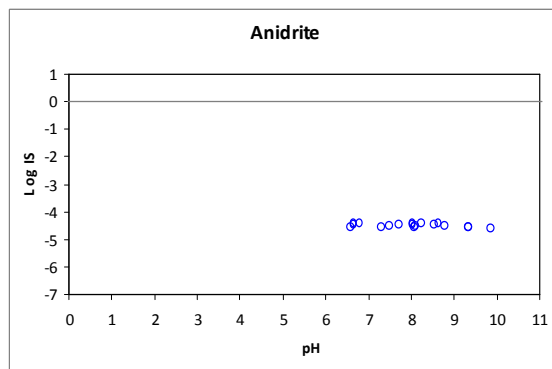
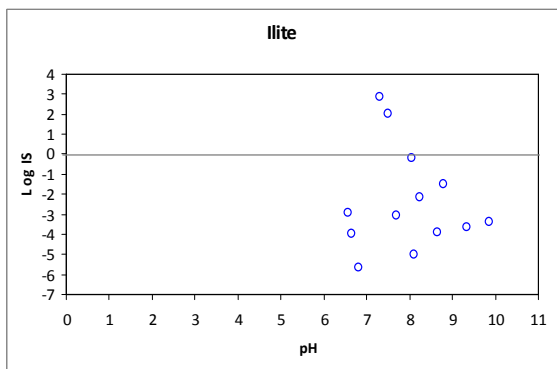
Anexo I.1. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa Azul.

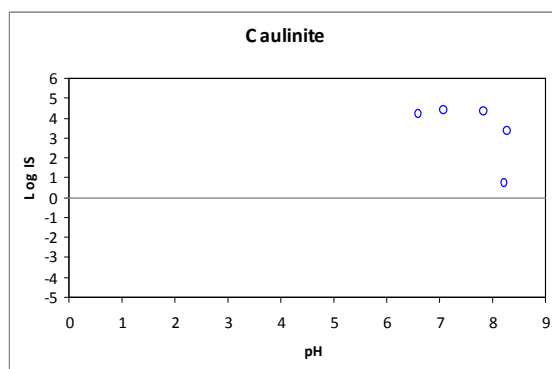
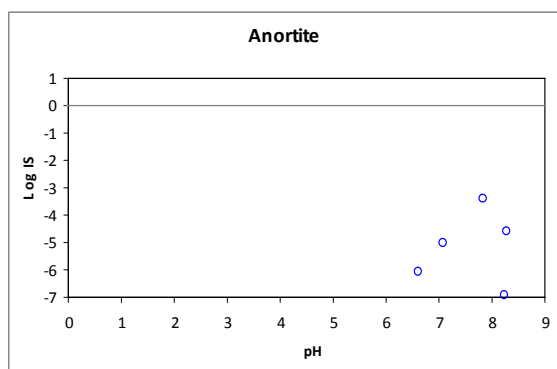
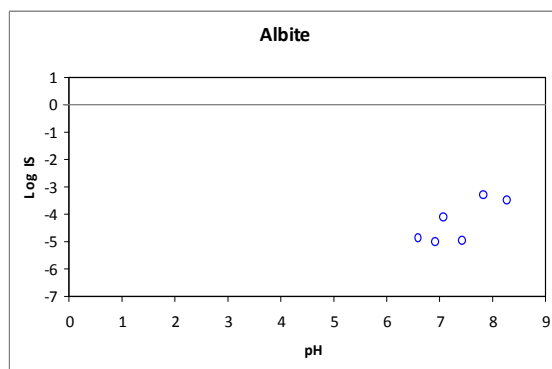
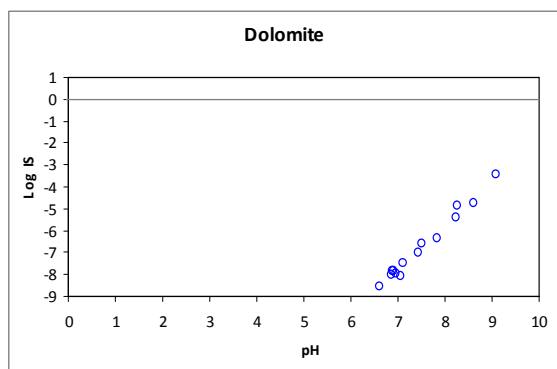
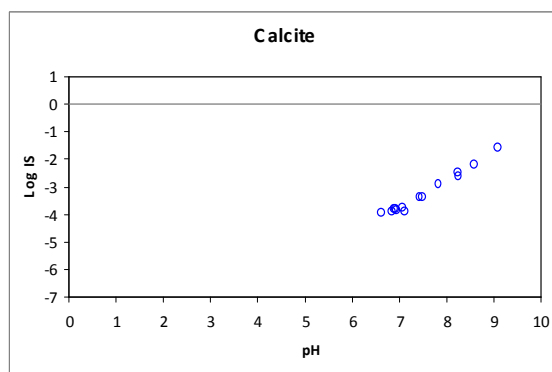
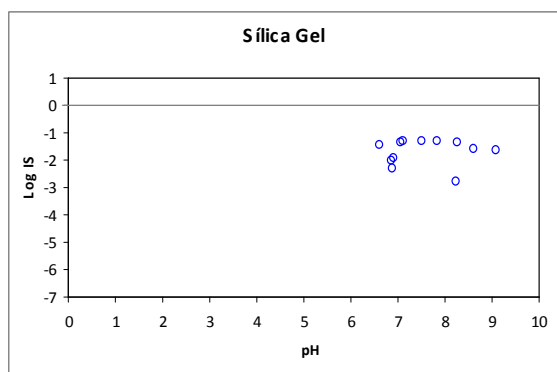
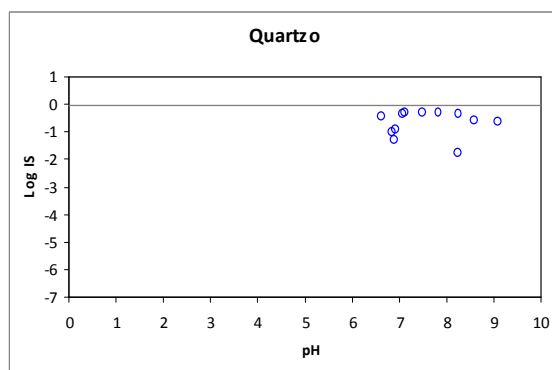
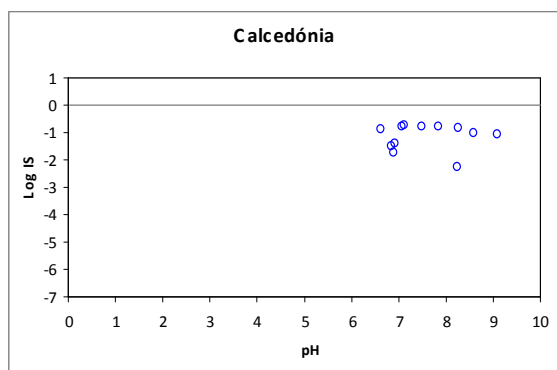


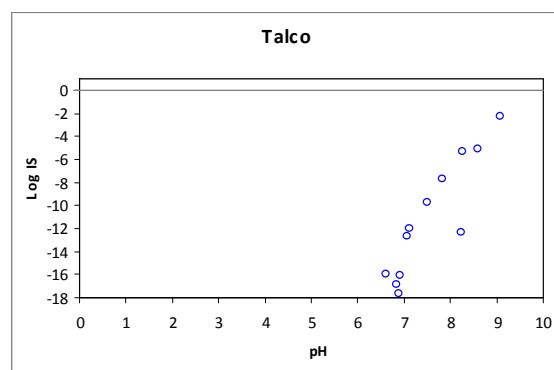
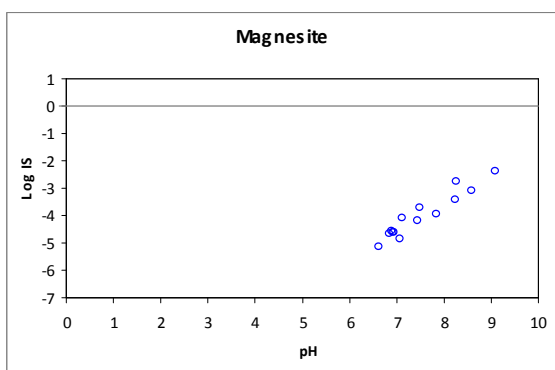
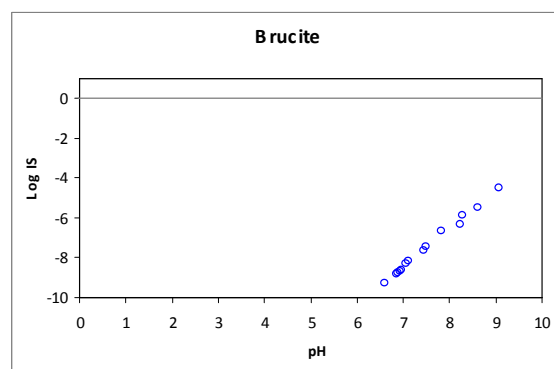
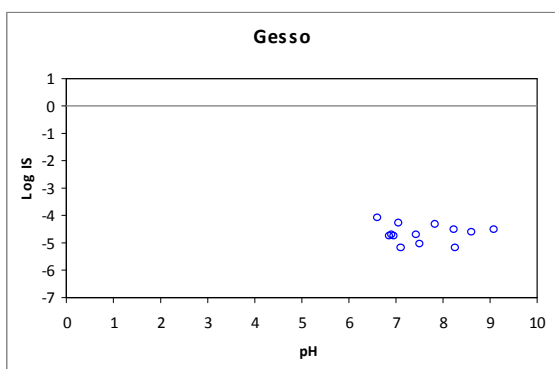
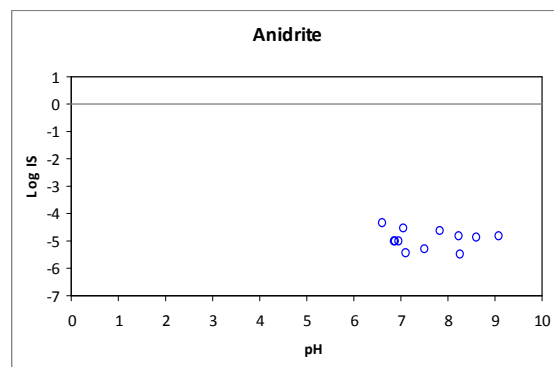
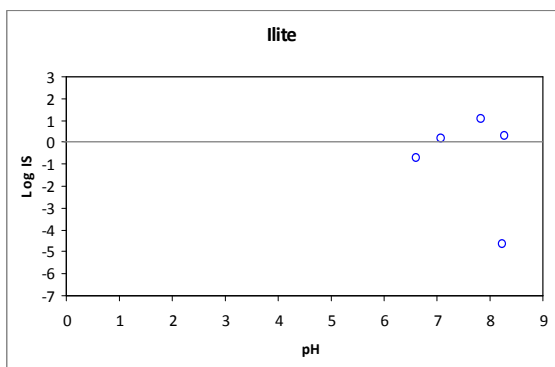
Anexo I.2. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa Verde.



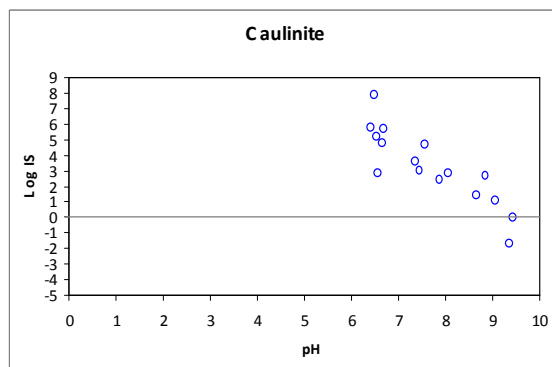
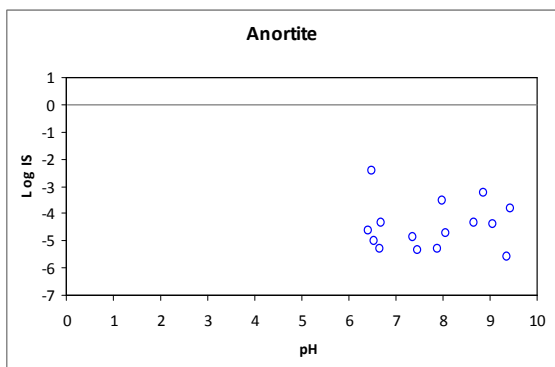
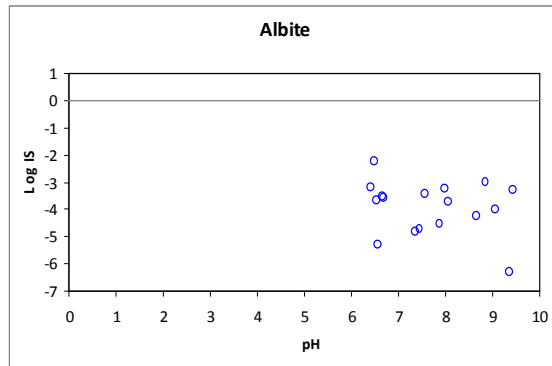
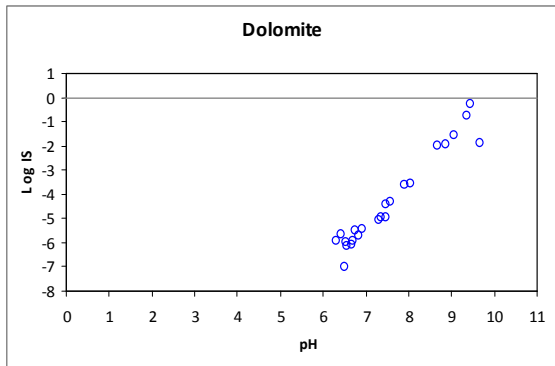
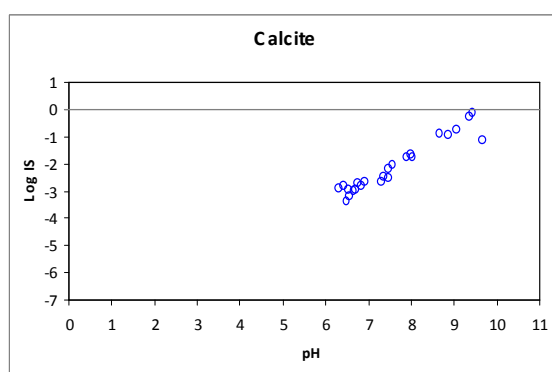
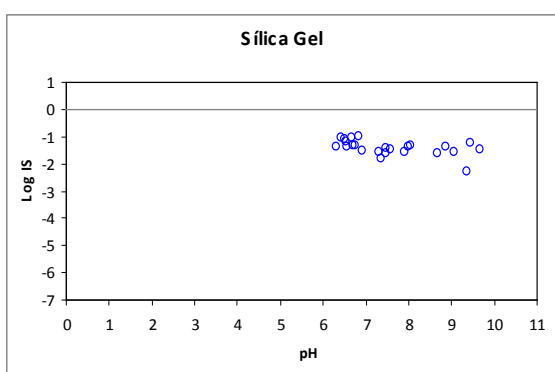
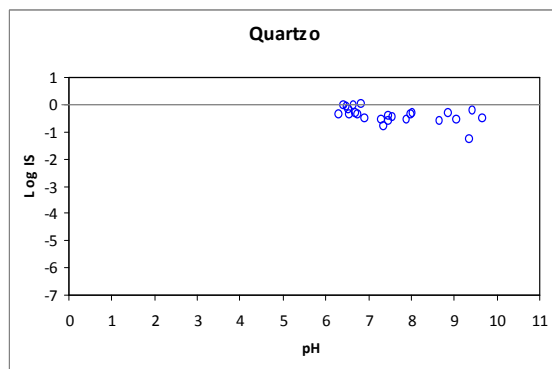
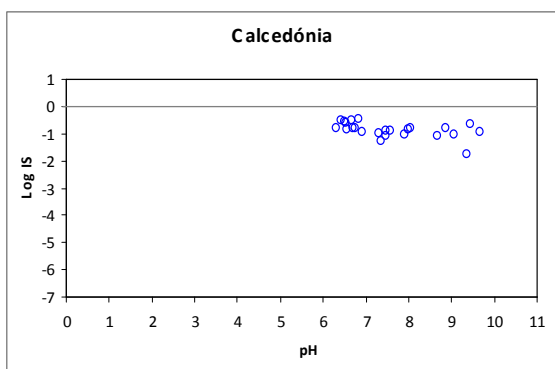
Anexo I.3. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa de Santiago.

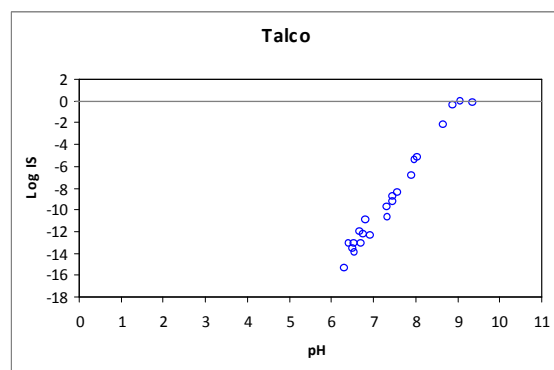
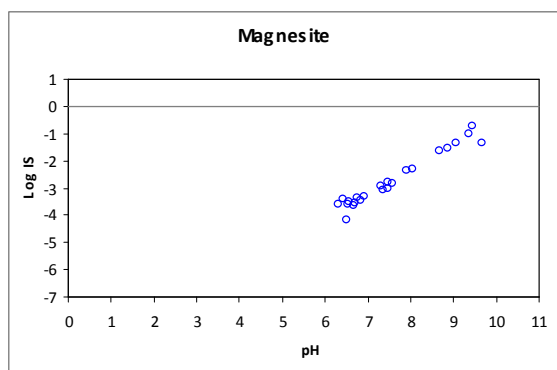
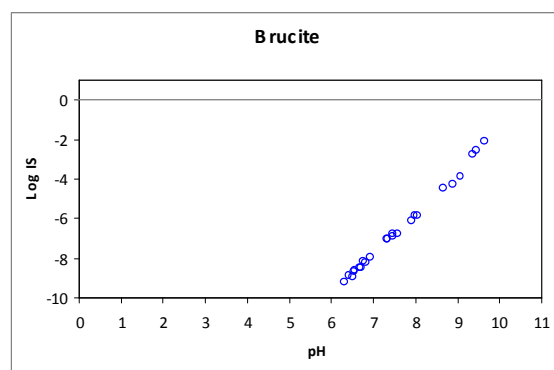
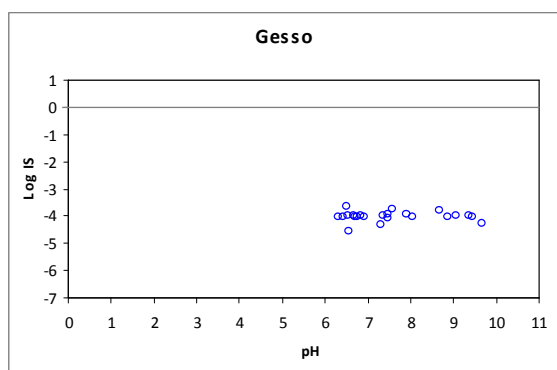
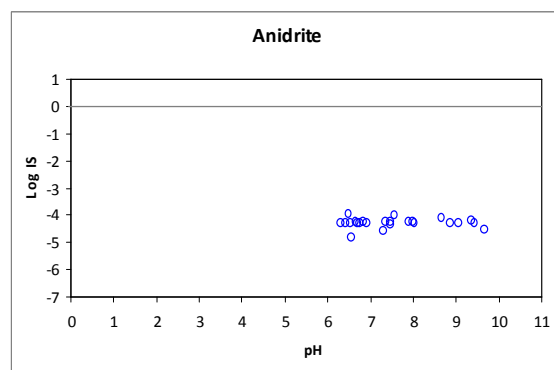
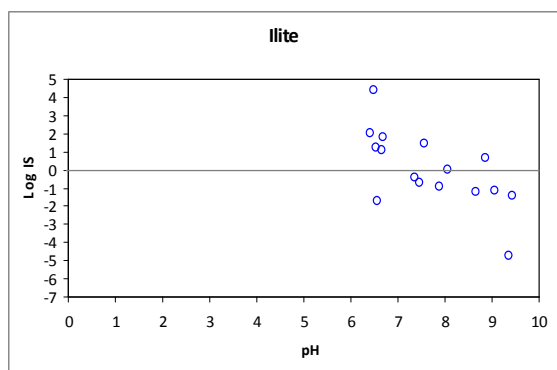


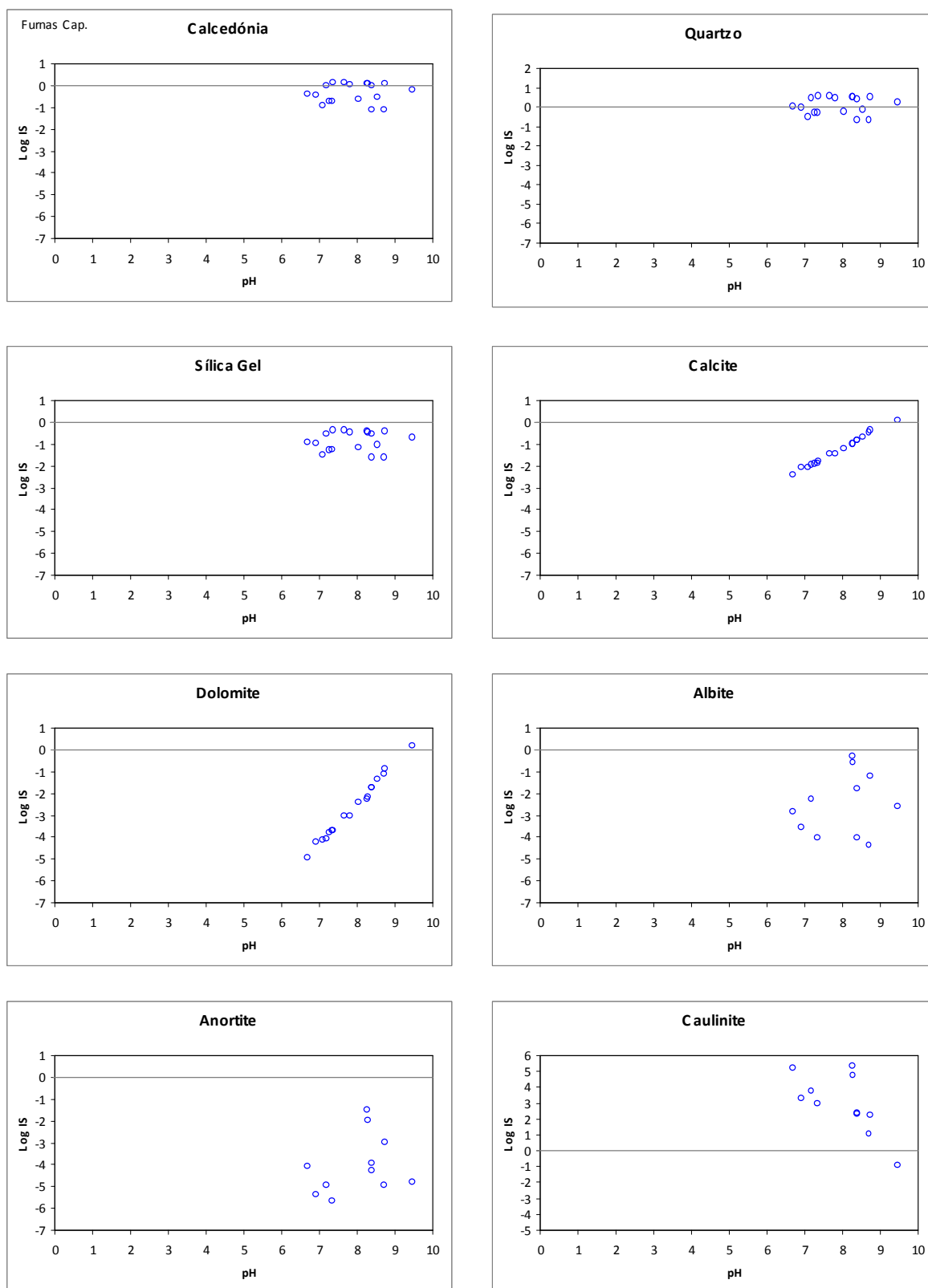
Anexo I.4. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa de Fogo.

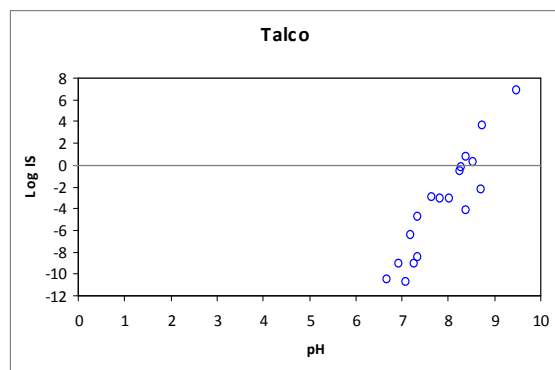
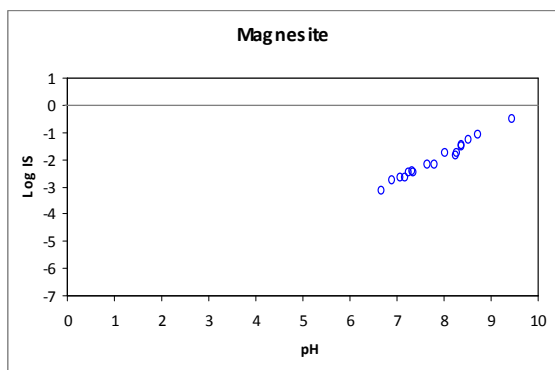
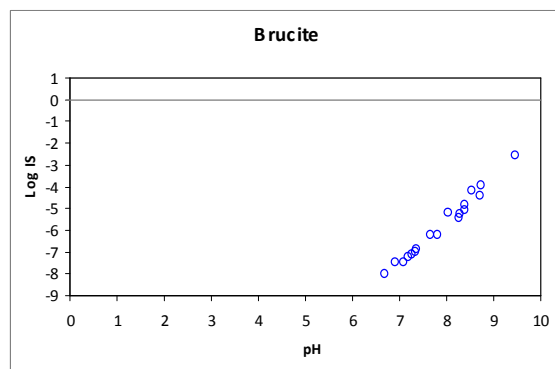
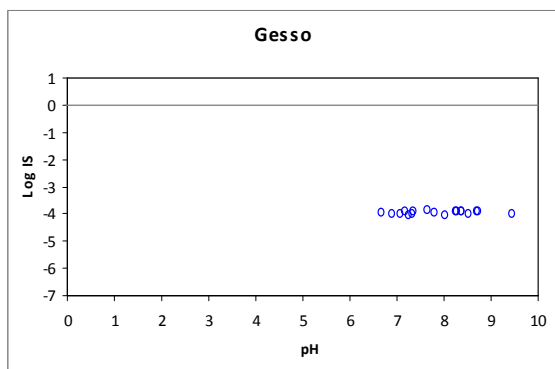
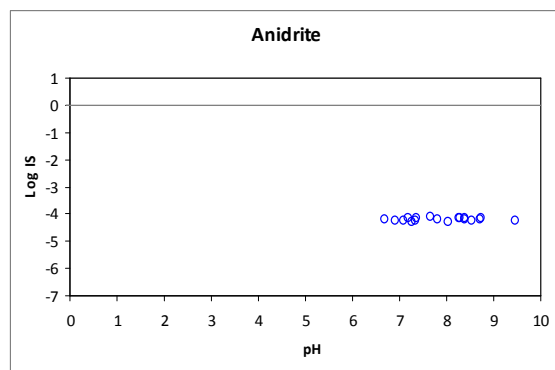
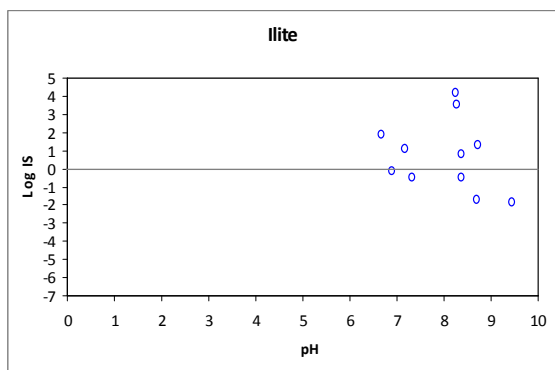


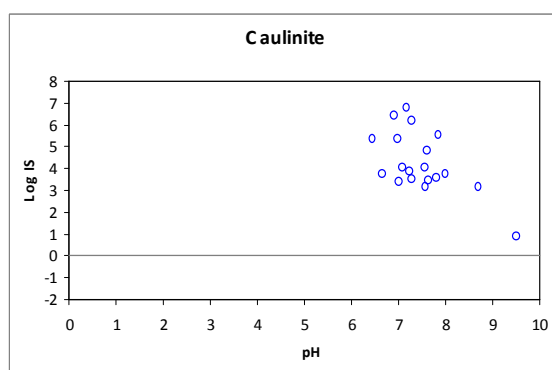
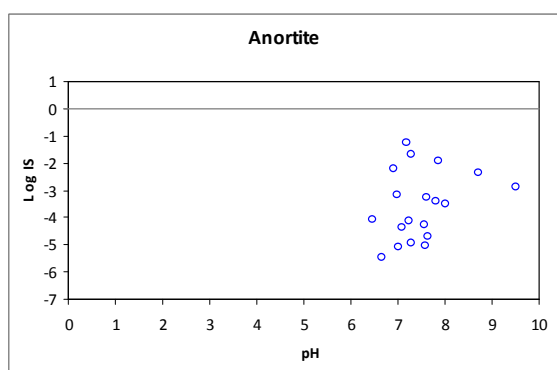
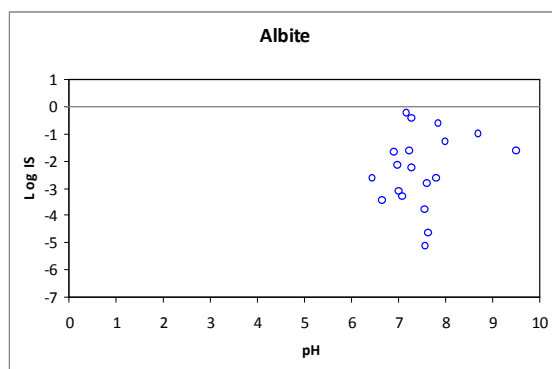
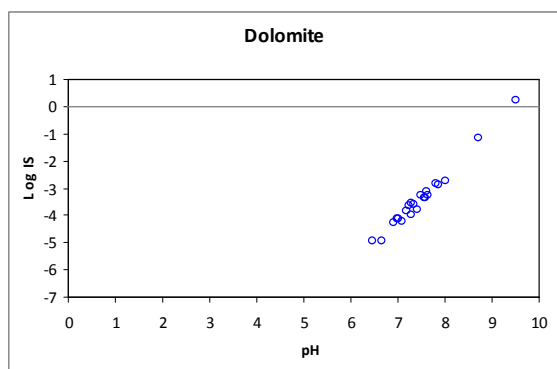
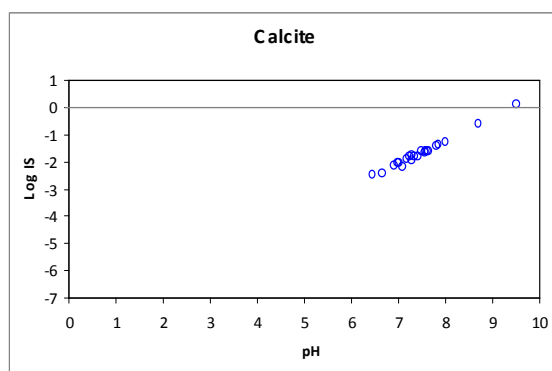
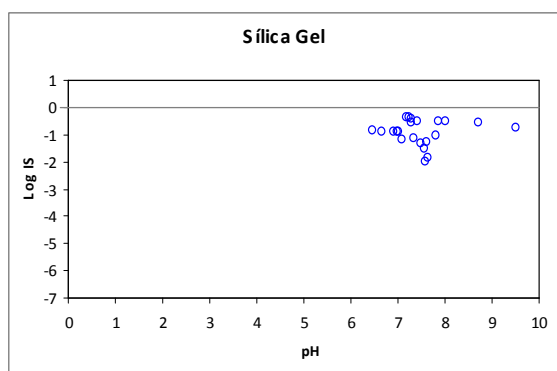
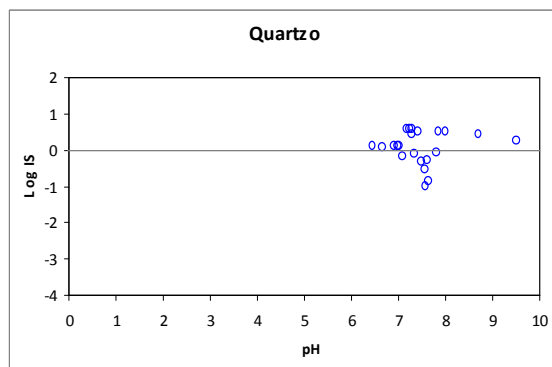
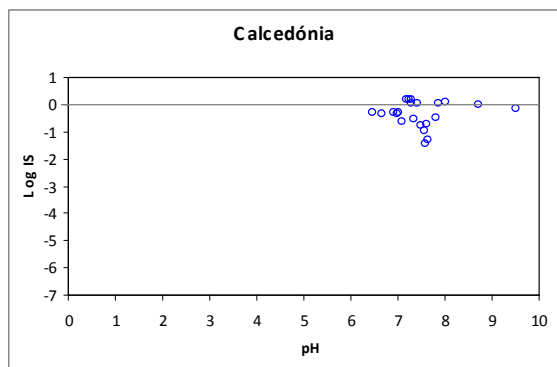
Anexo I.5. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa do Congo.

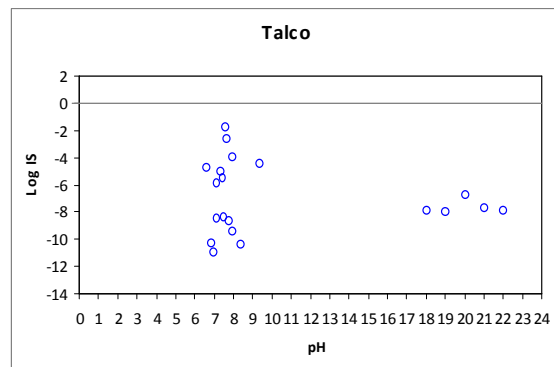
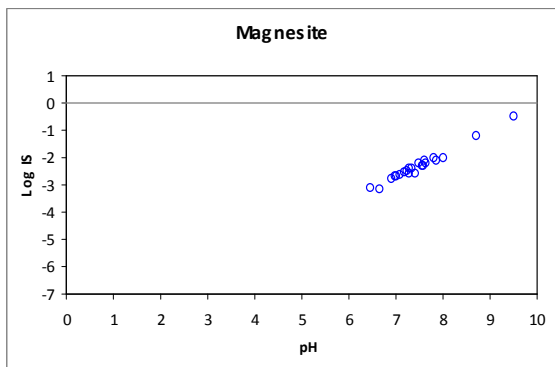
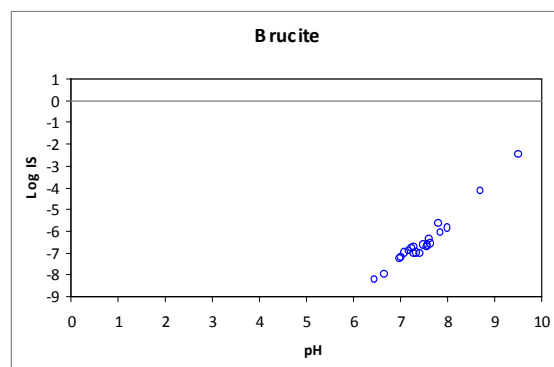
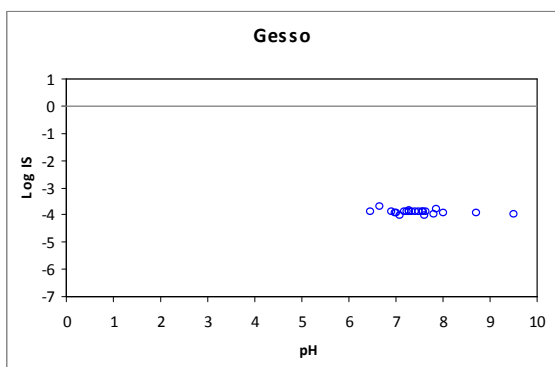
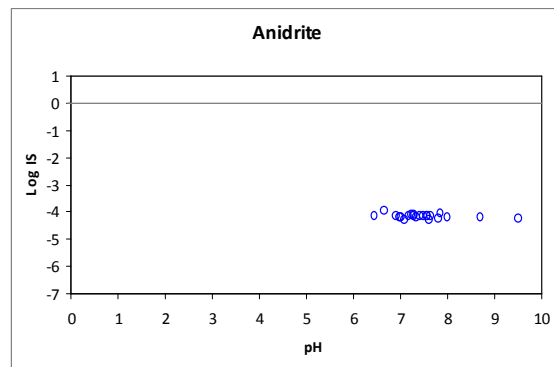
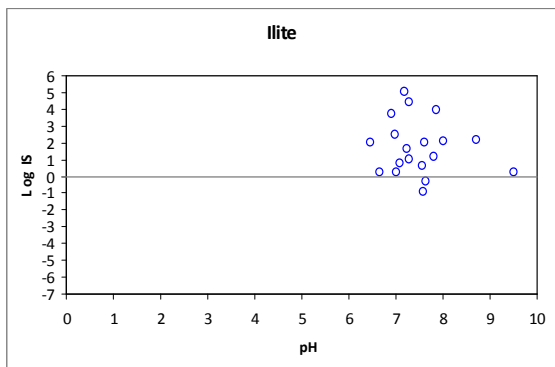


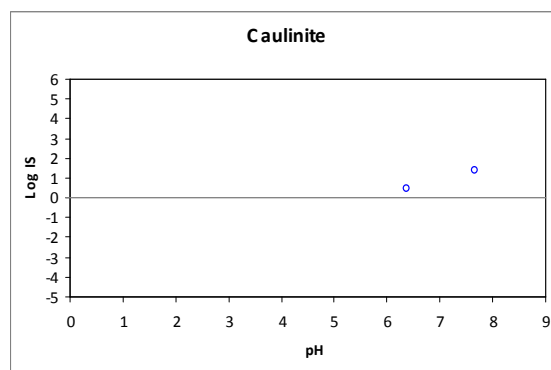
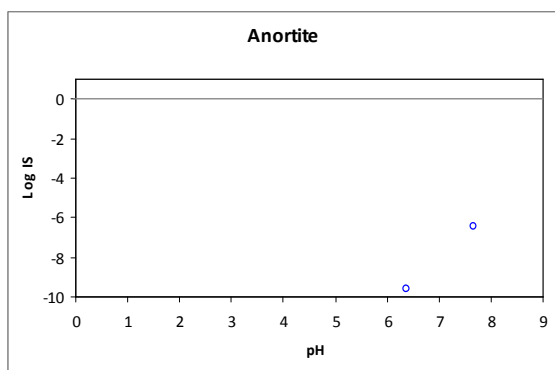
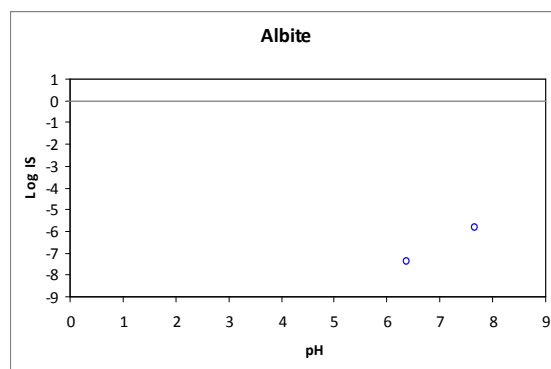
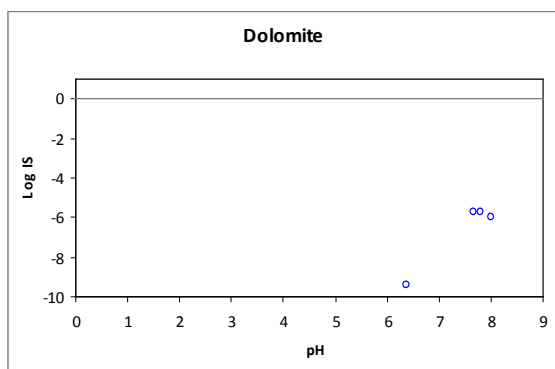
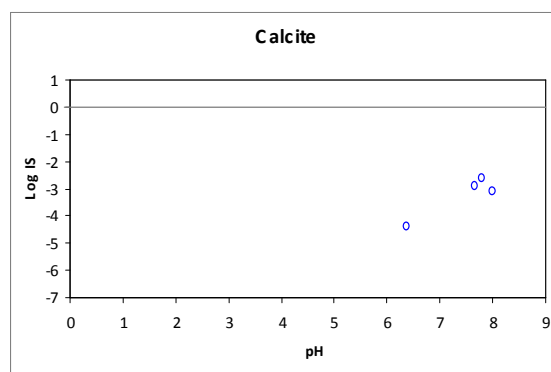
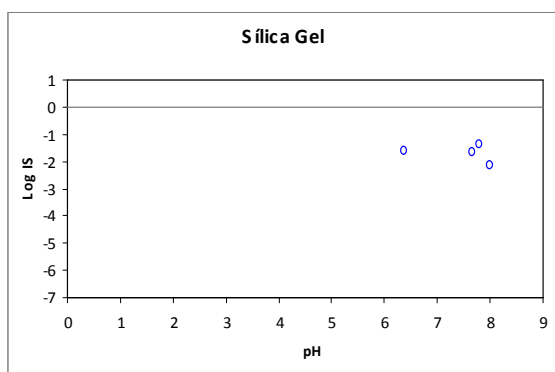
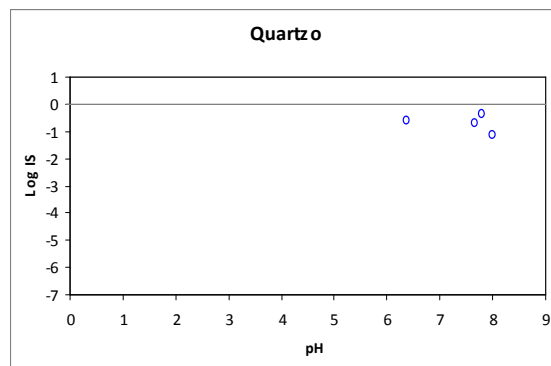
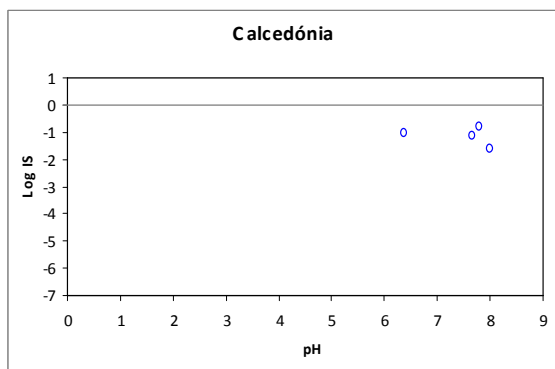


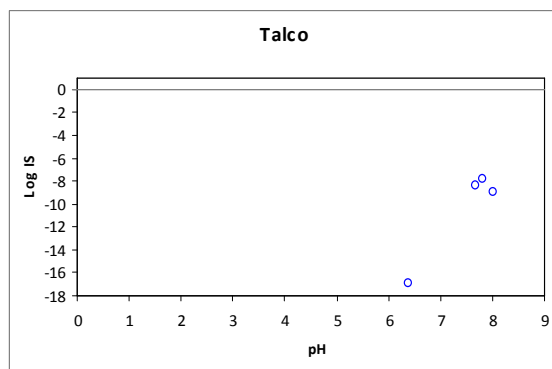
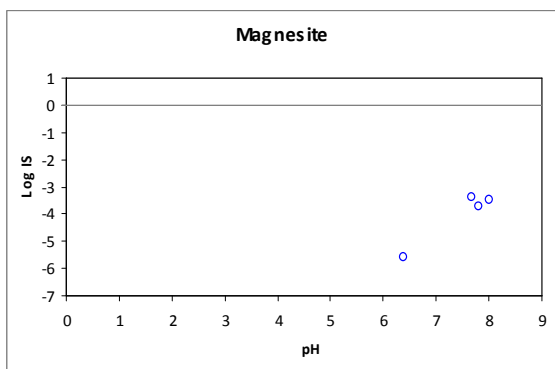
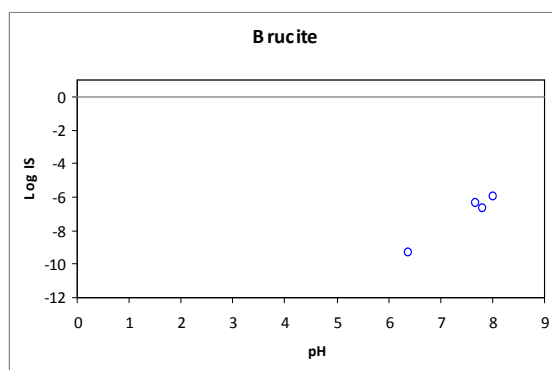
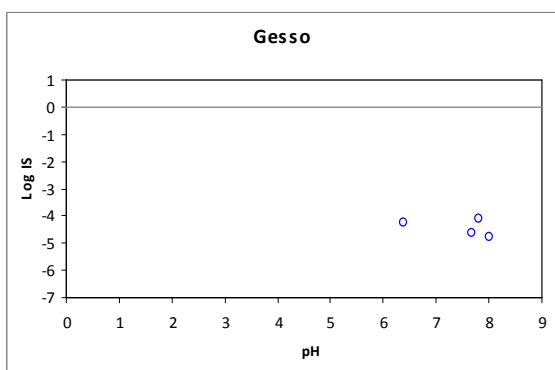
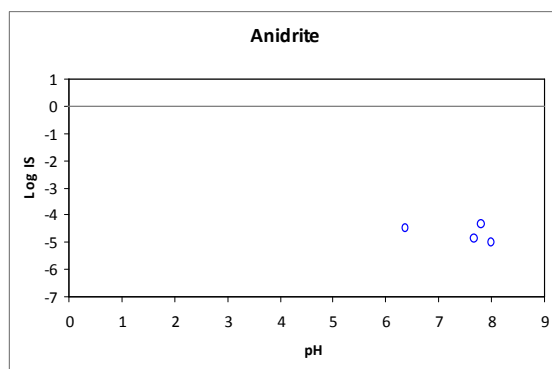
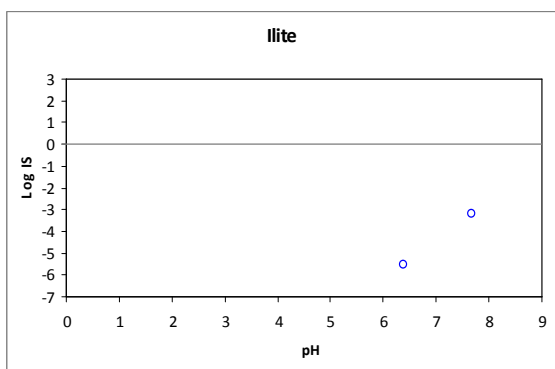
Anexo I.6. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa das Furna Cap.

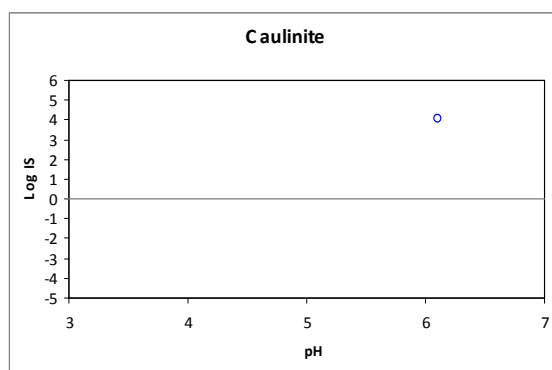
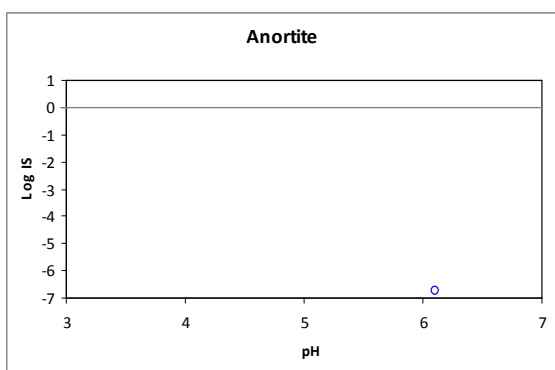
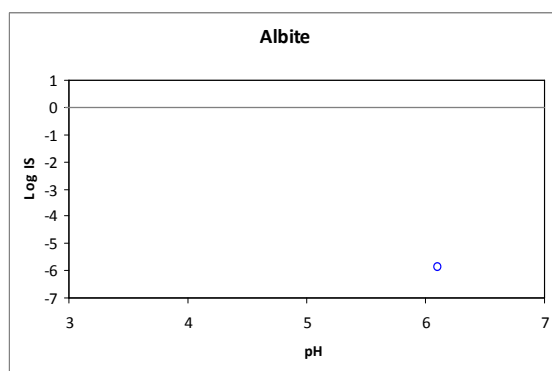
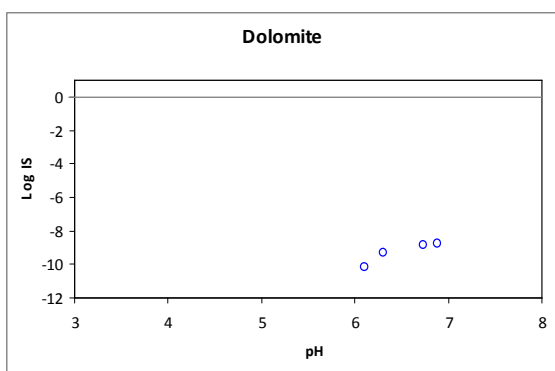
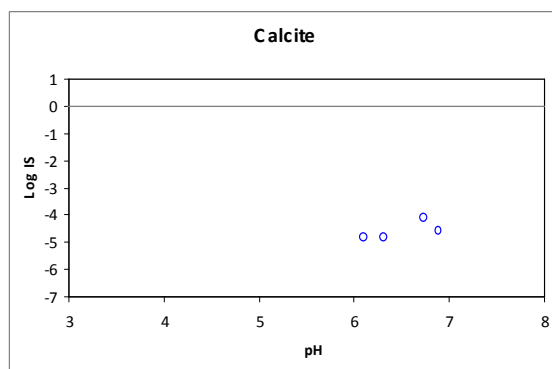
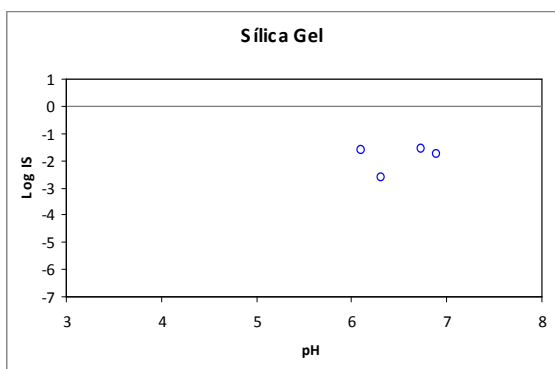
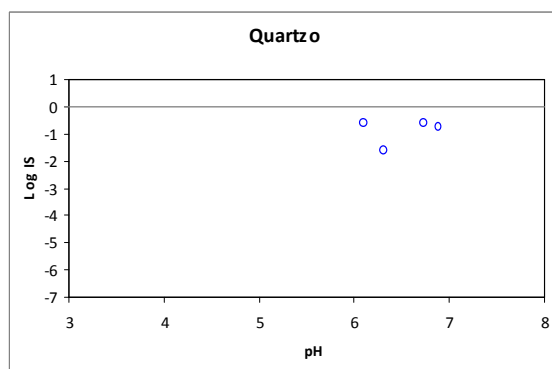
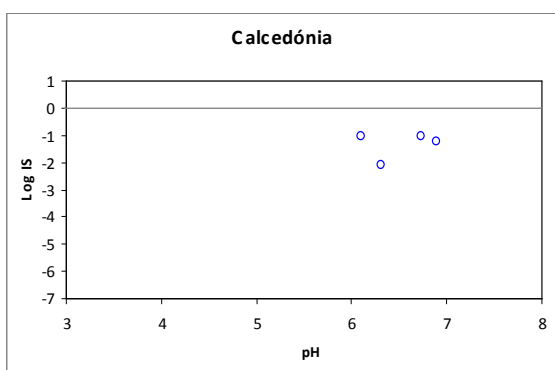


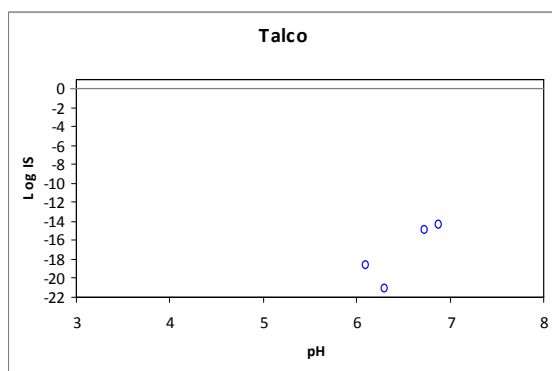
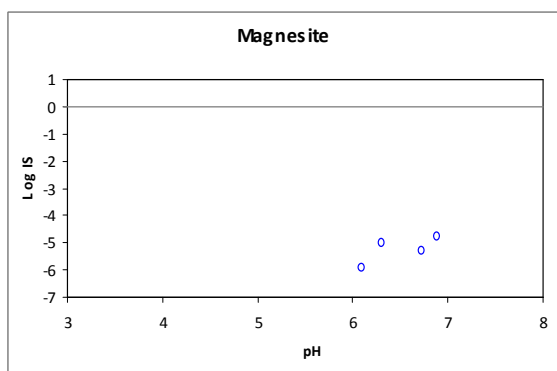
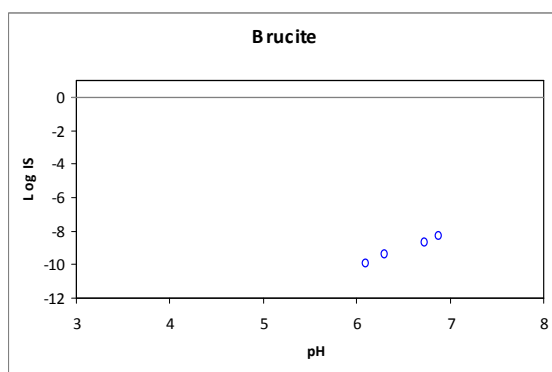
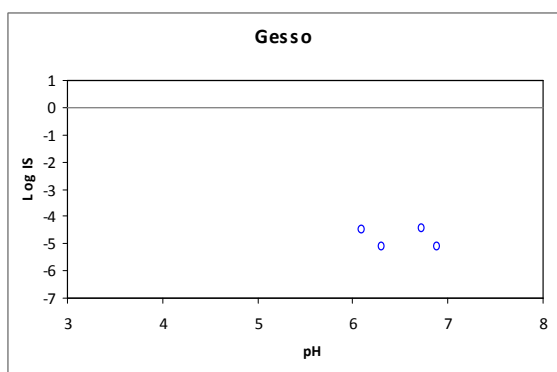
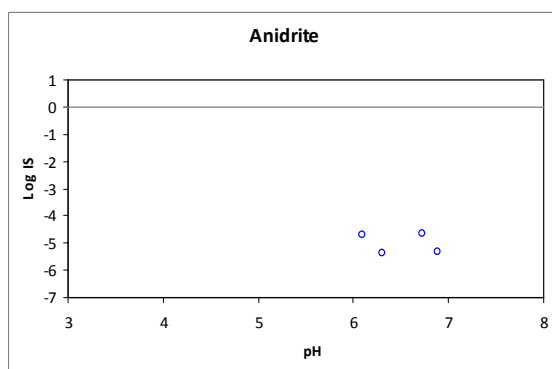
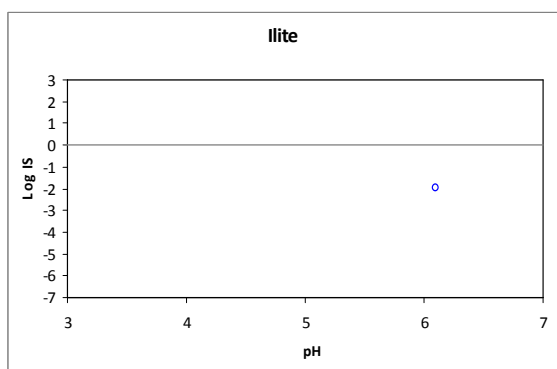
Anexo I.7. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa das Furna Fum.

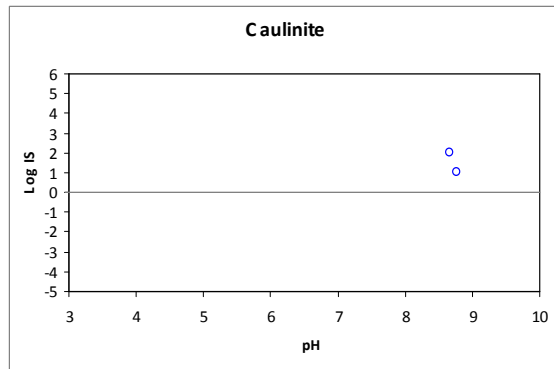
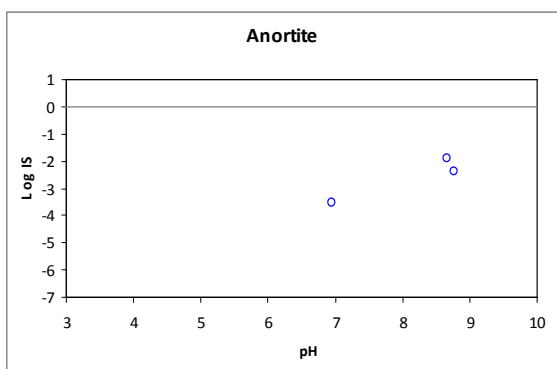
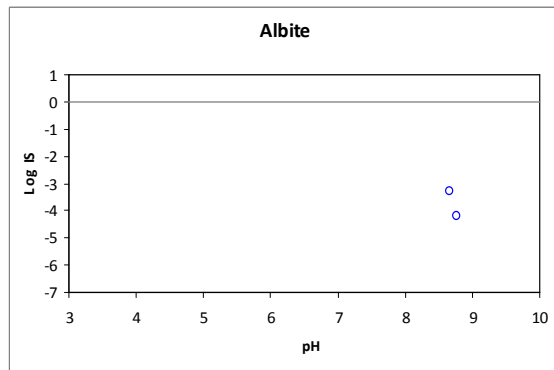
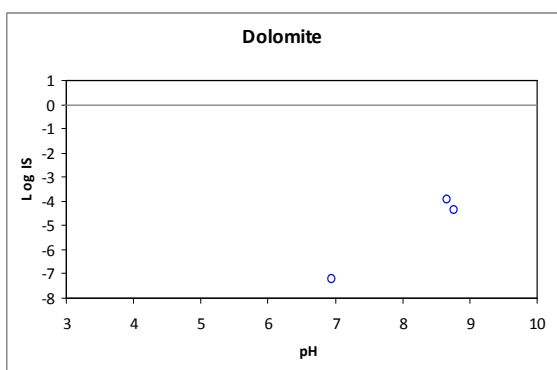
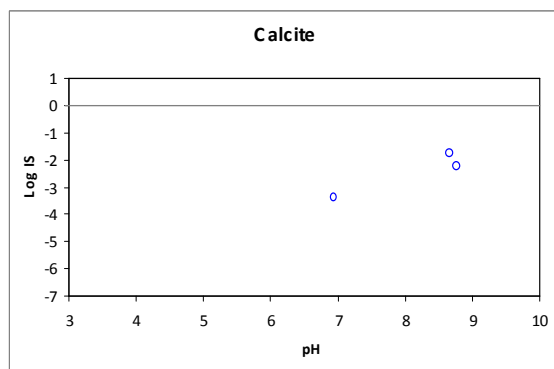
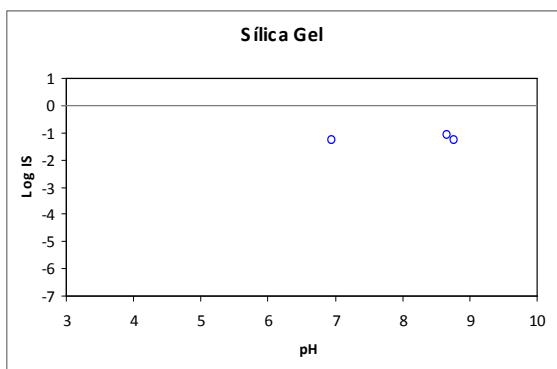
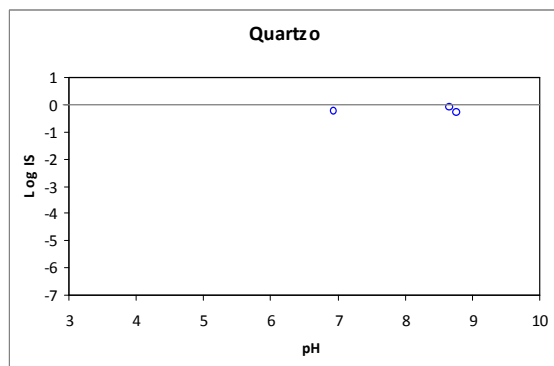
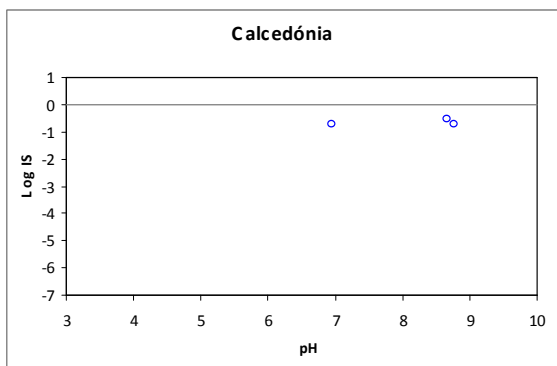


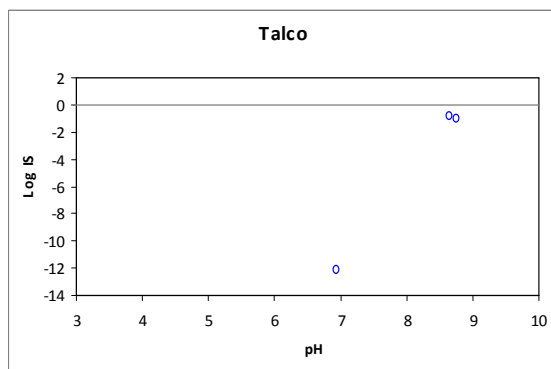
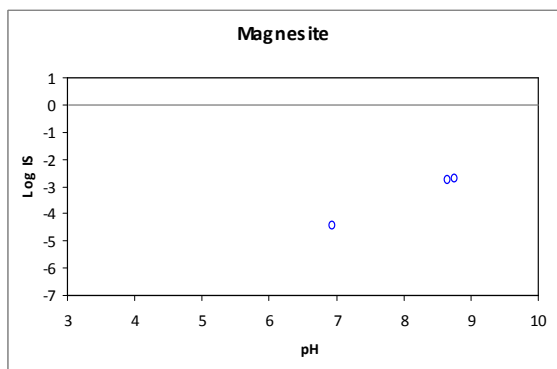
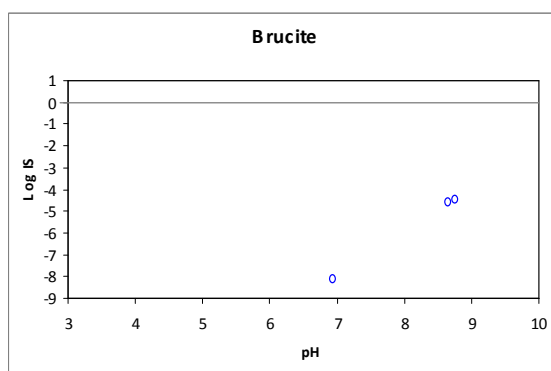
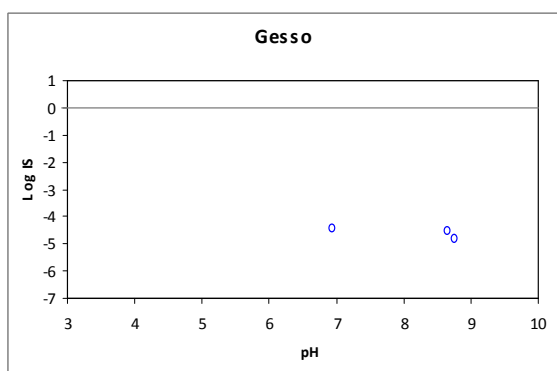
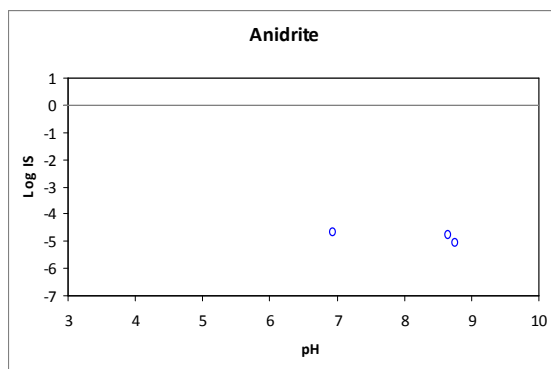
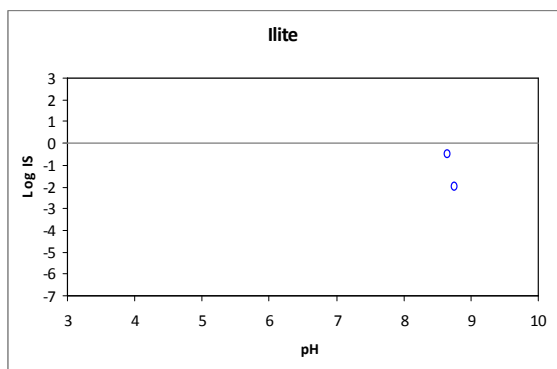
Anexo II.1. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa do Capitão.

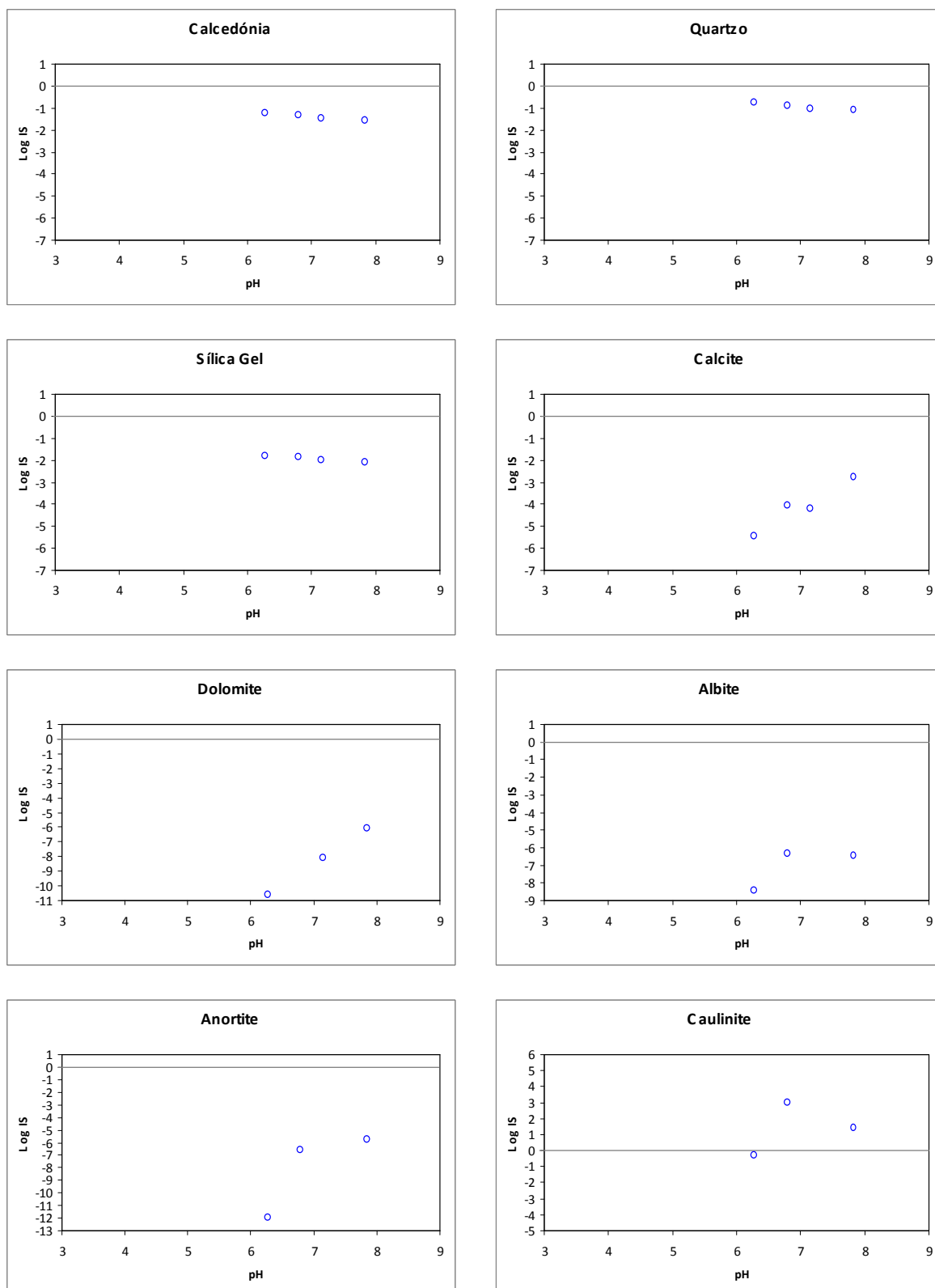


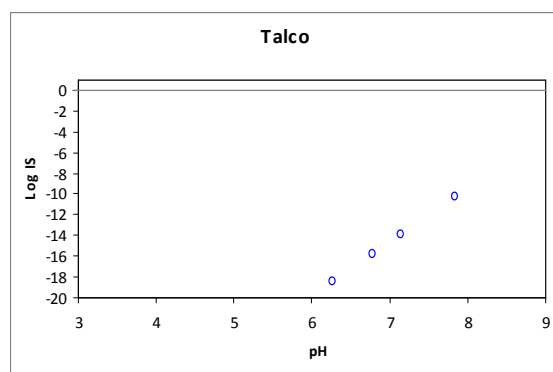
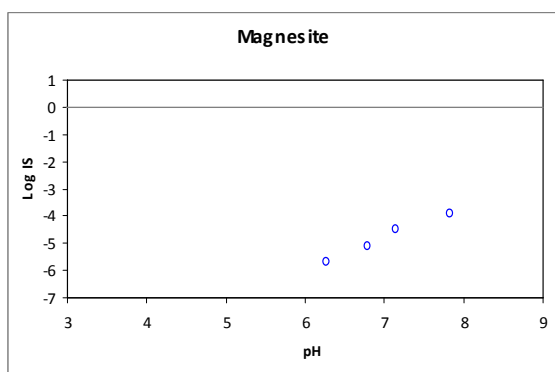
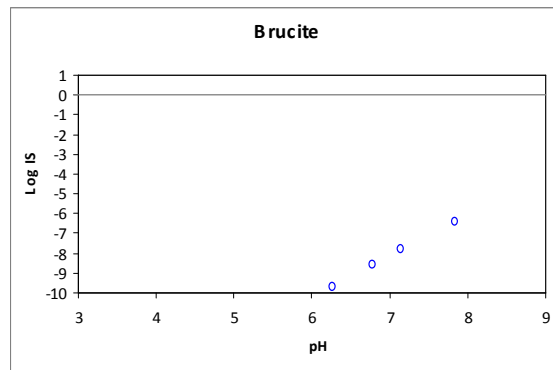
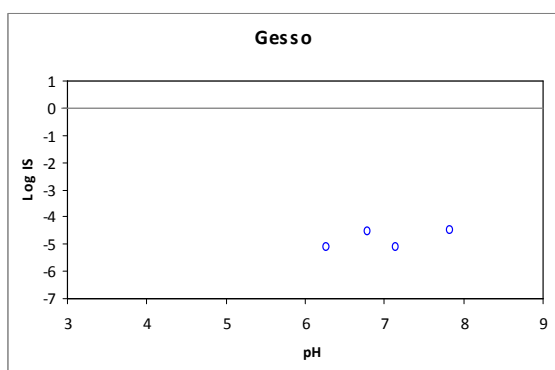
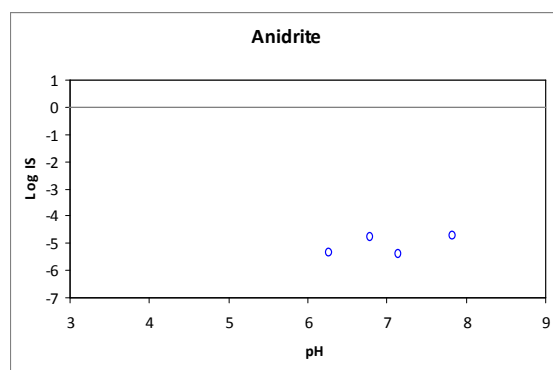
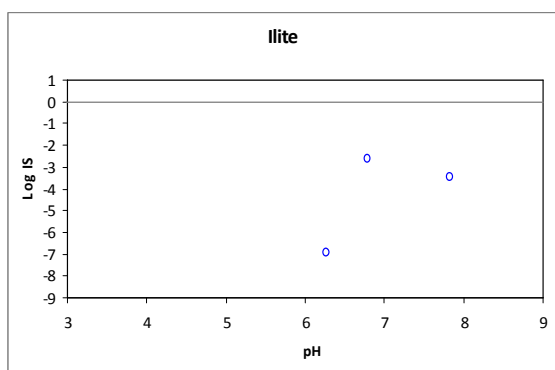
Anexo II.2. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa do Caiado.

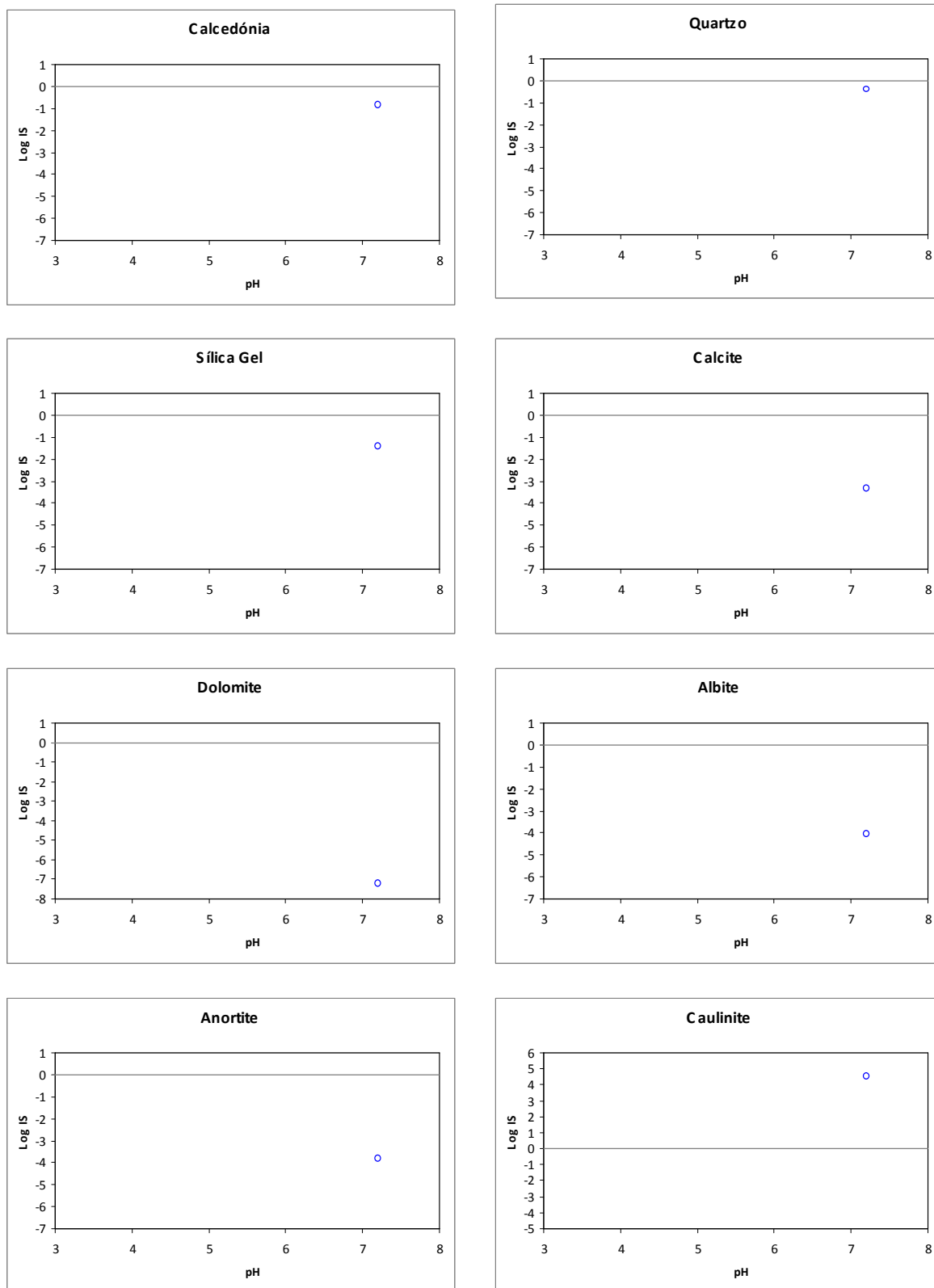


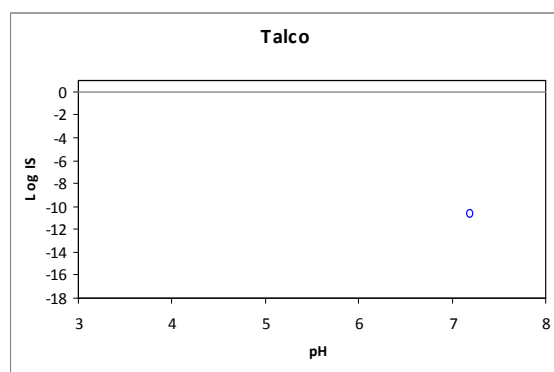
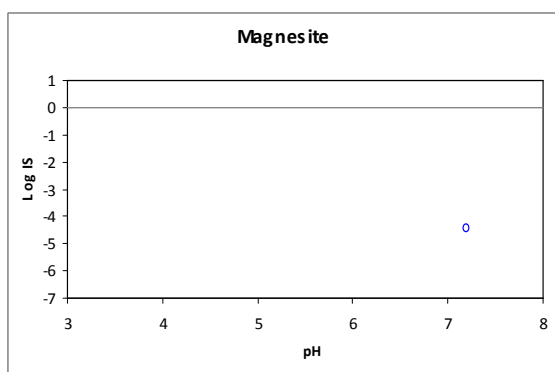
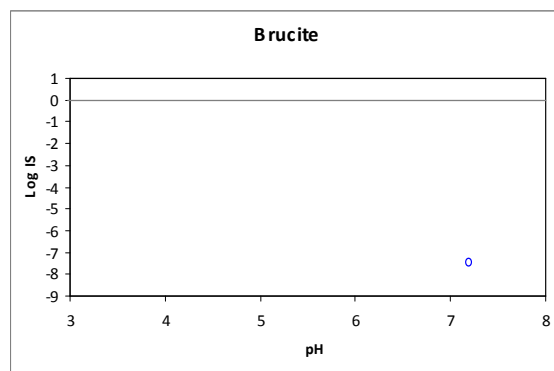
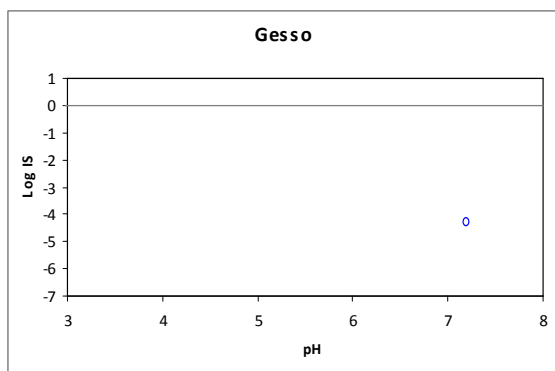
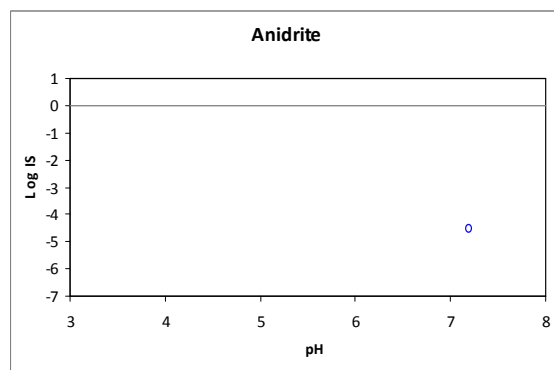
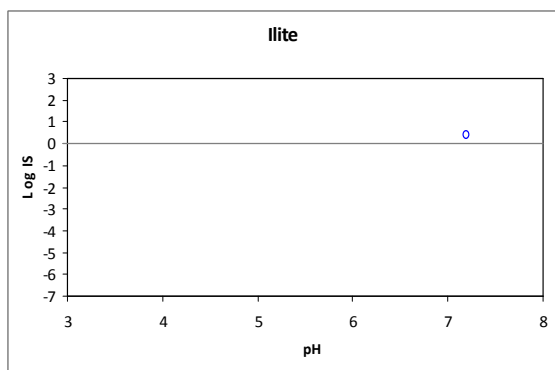
Anexo II.3. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa do Peixinho.

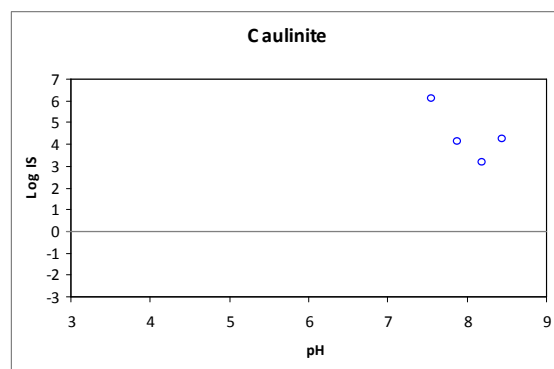
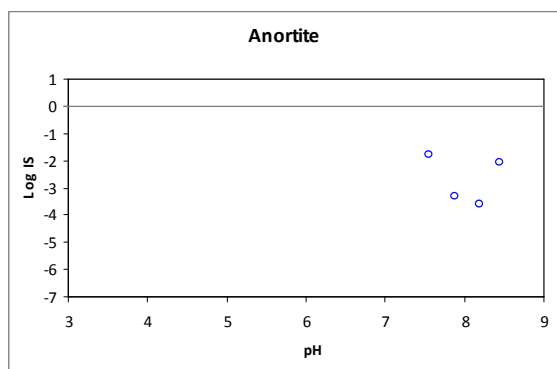
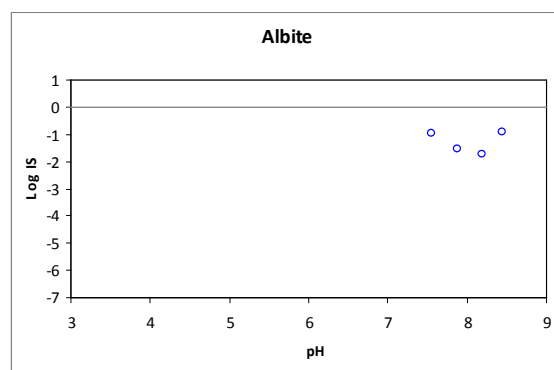
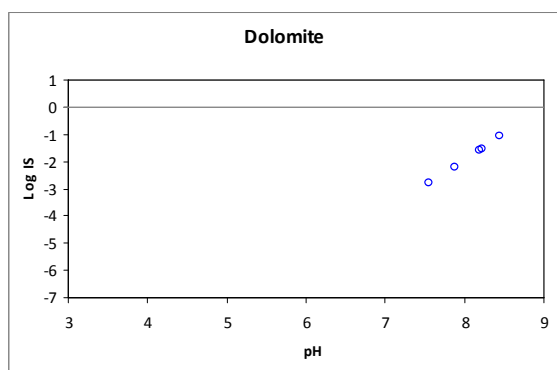
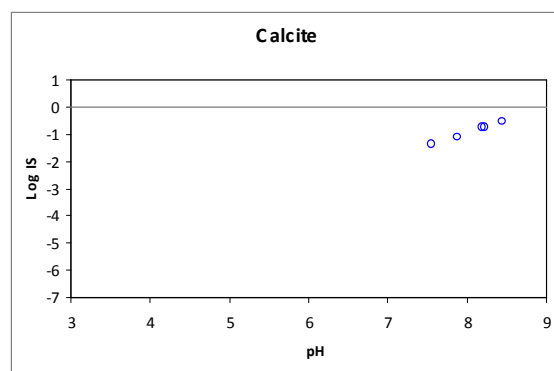
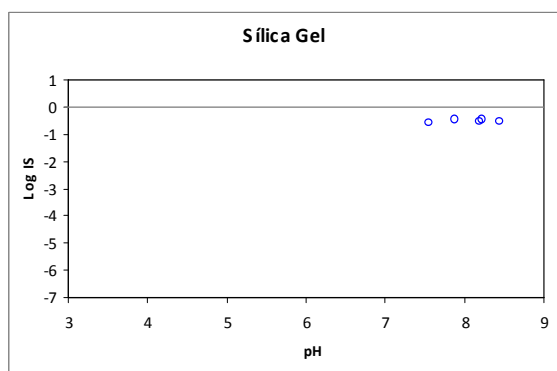
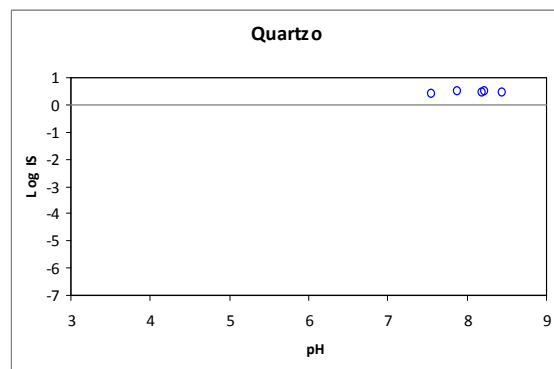
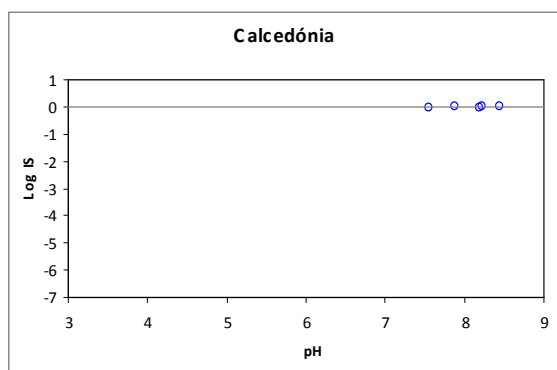


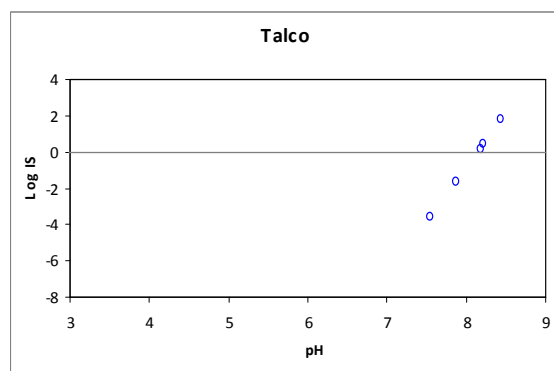
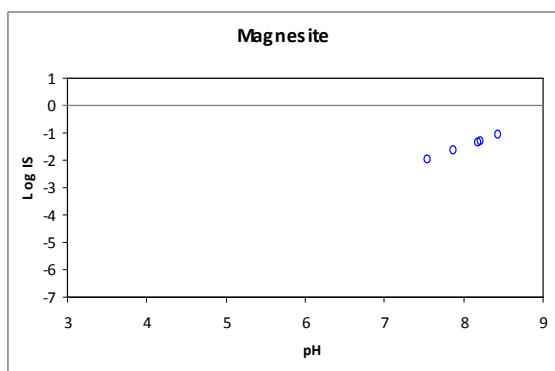
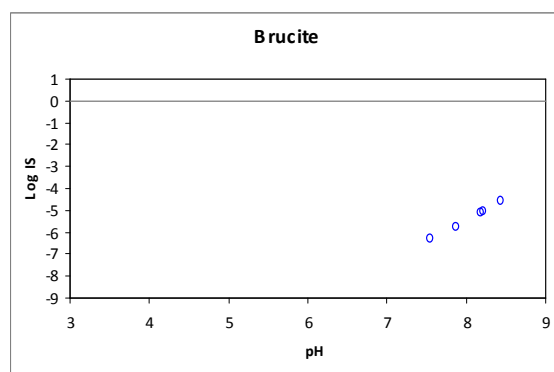
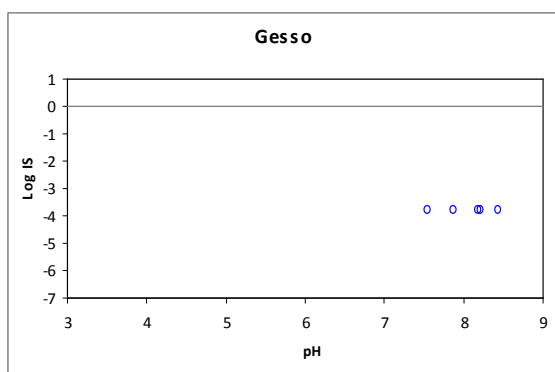
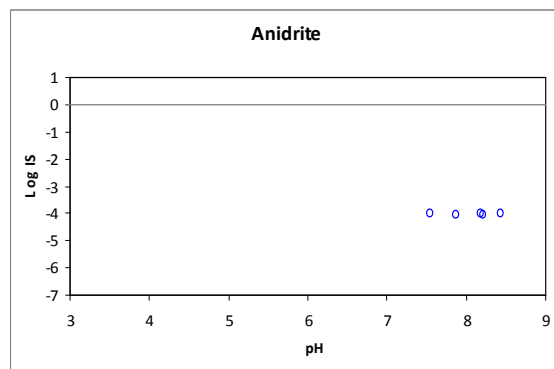
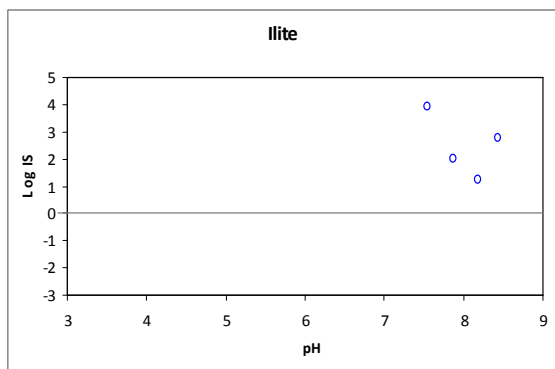
Anexo II.4. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa da Rosada.

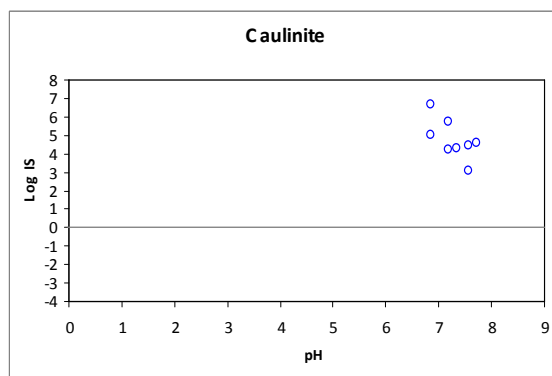
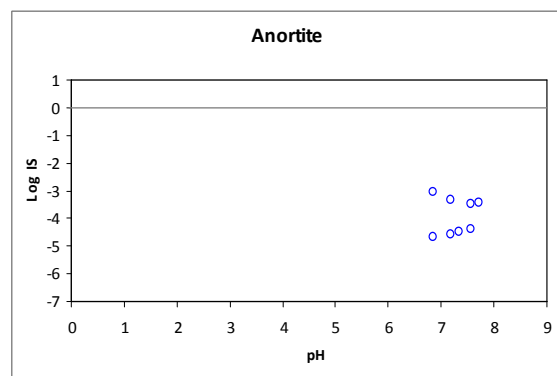
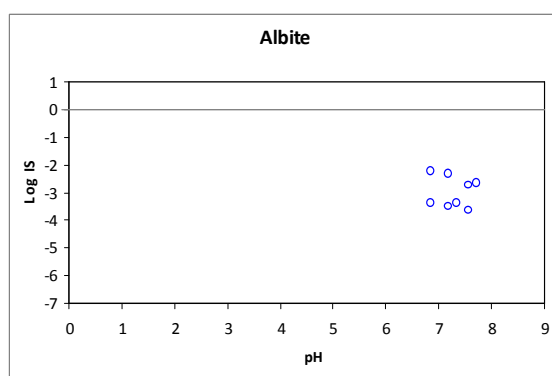
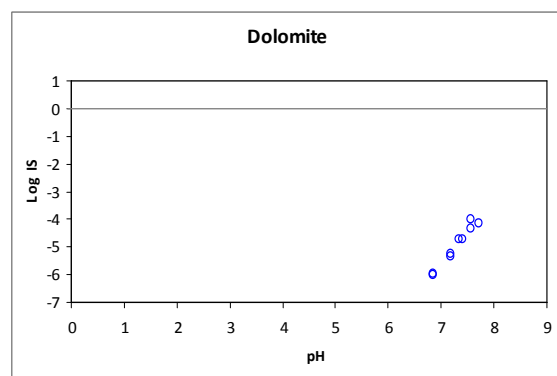
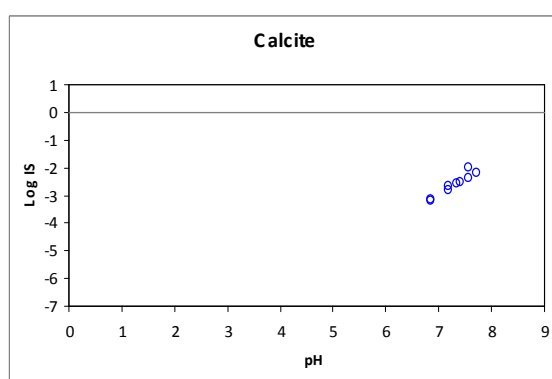
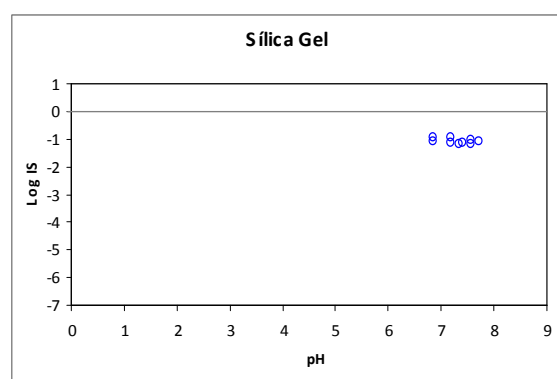
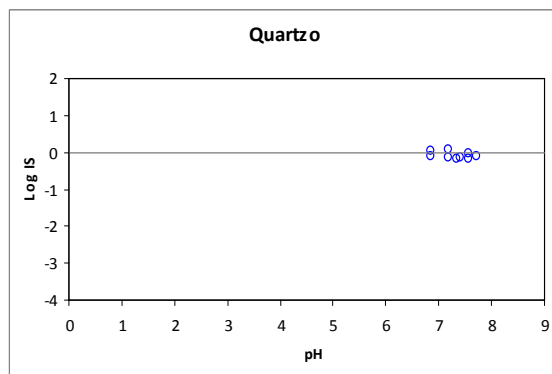
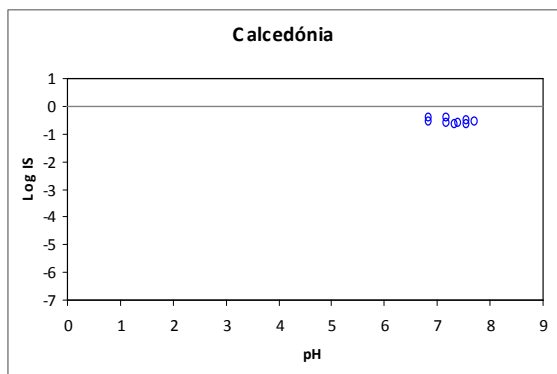


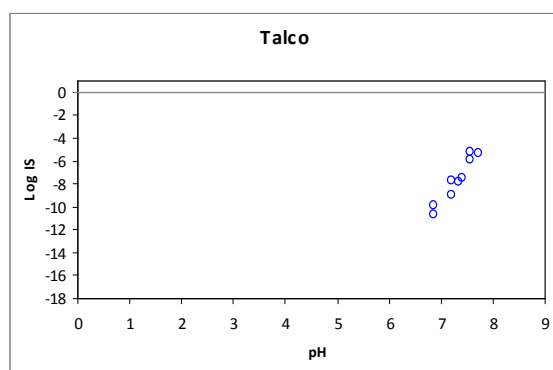
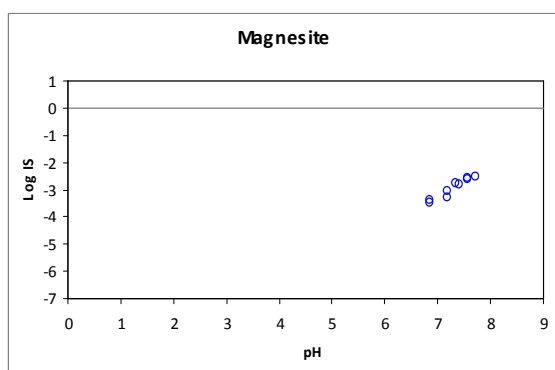
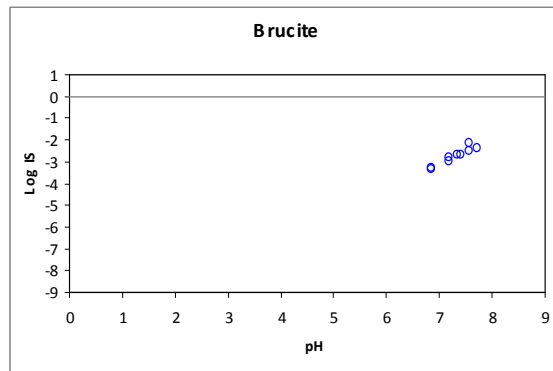
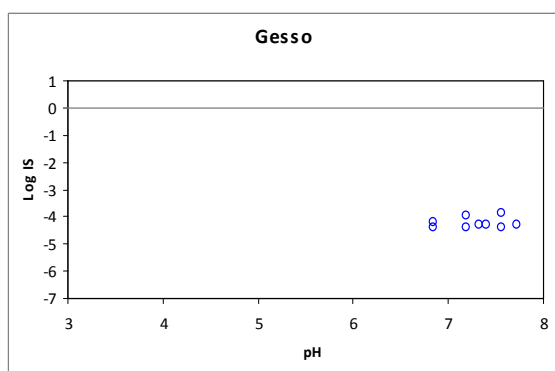
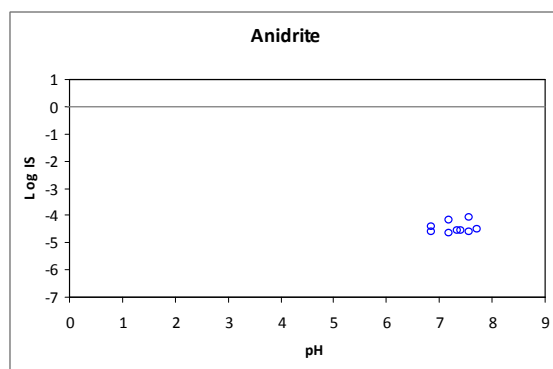
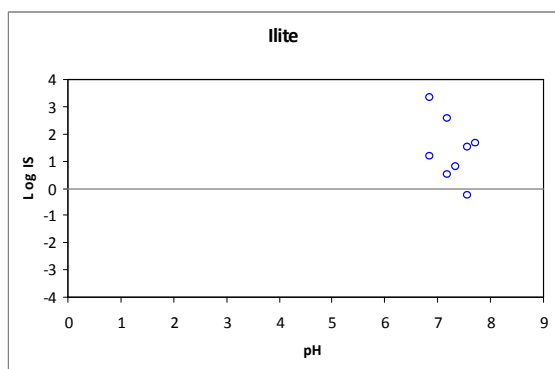
Anexo II.5. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa do Paul.

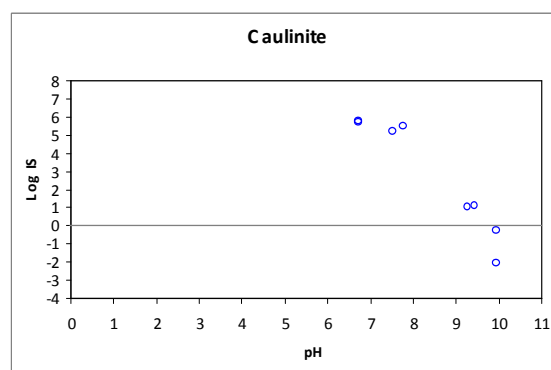
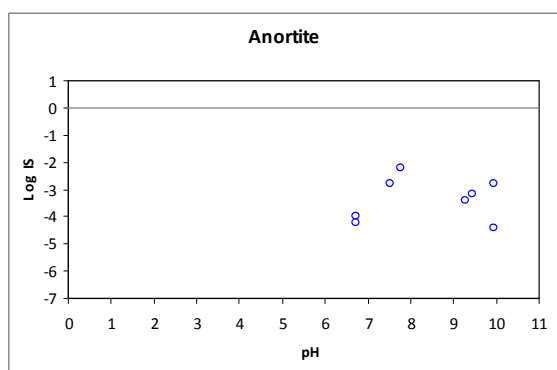
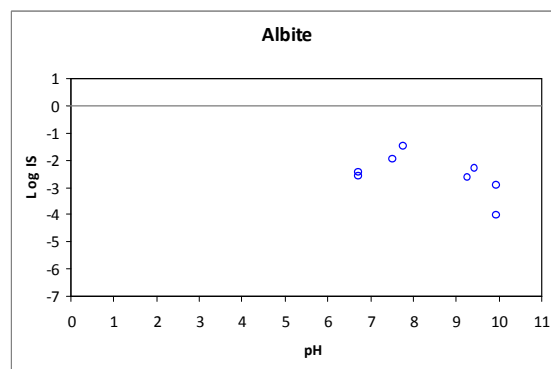
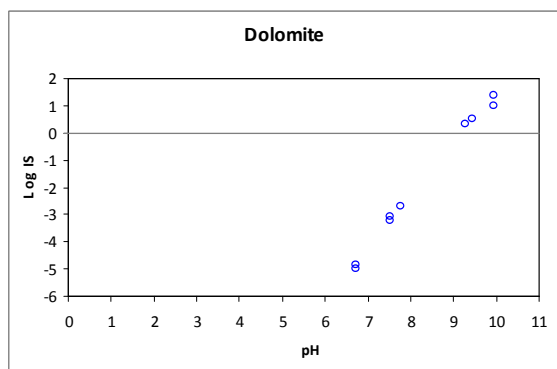
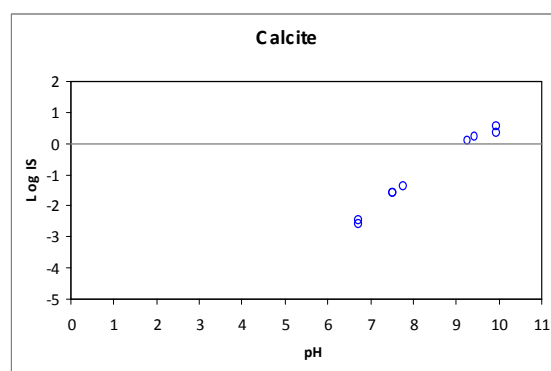
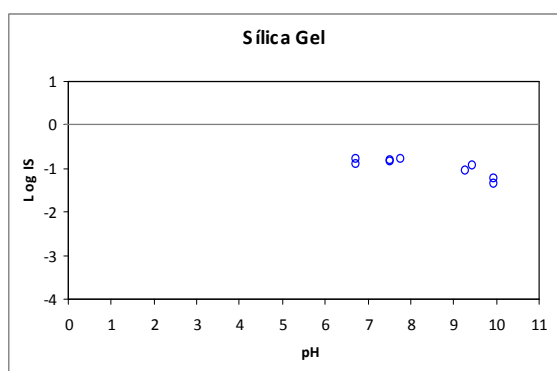
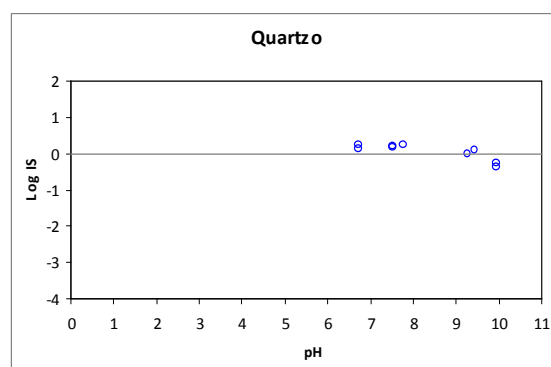
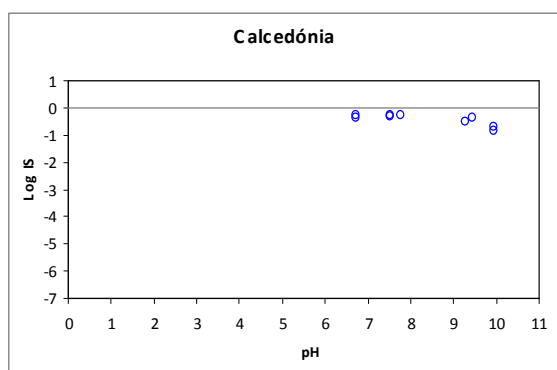


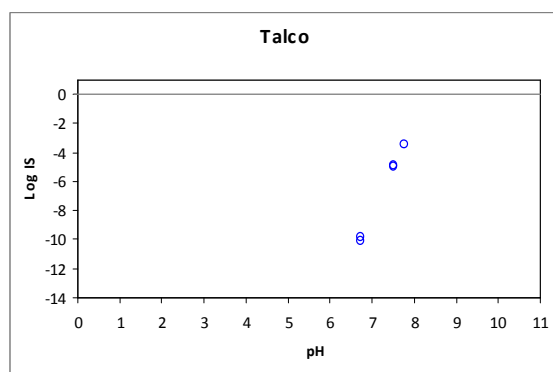
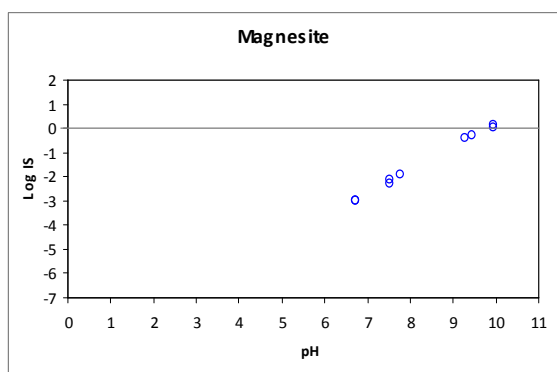
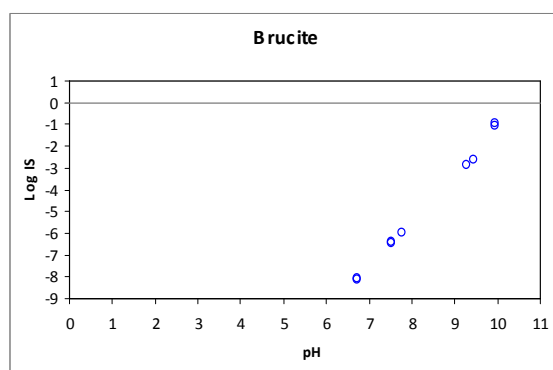
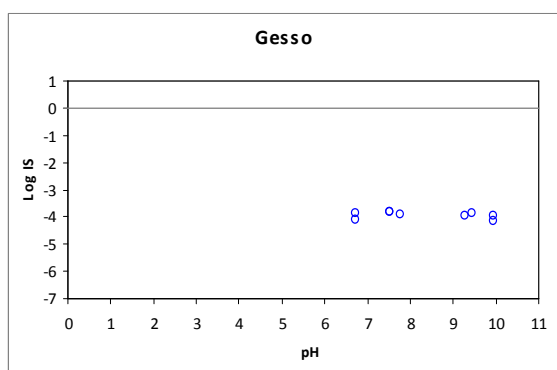
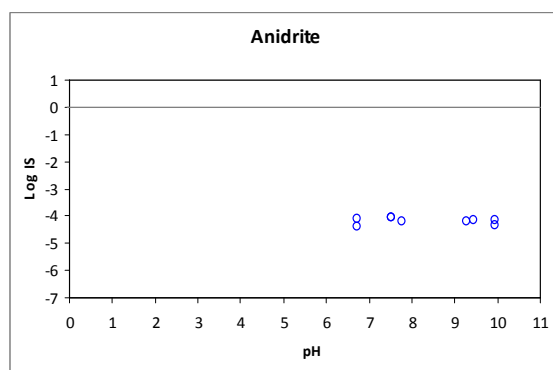
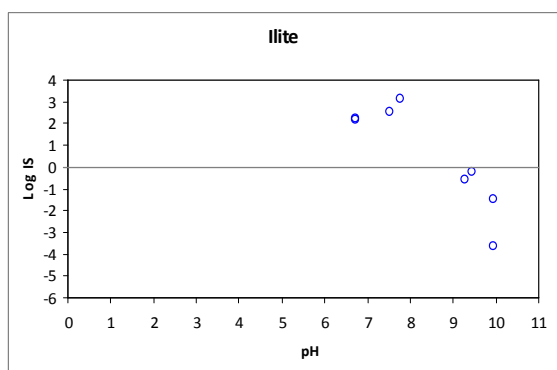
Anexo III.1. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa Negra.

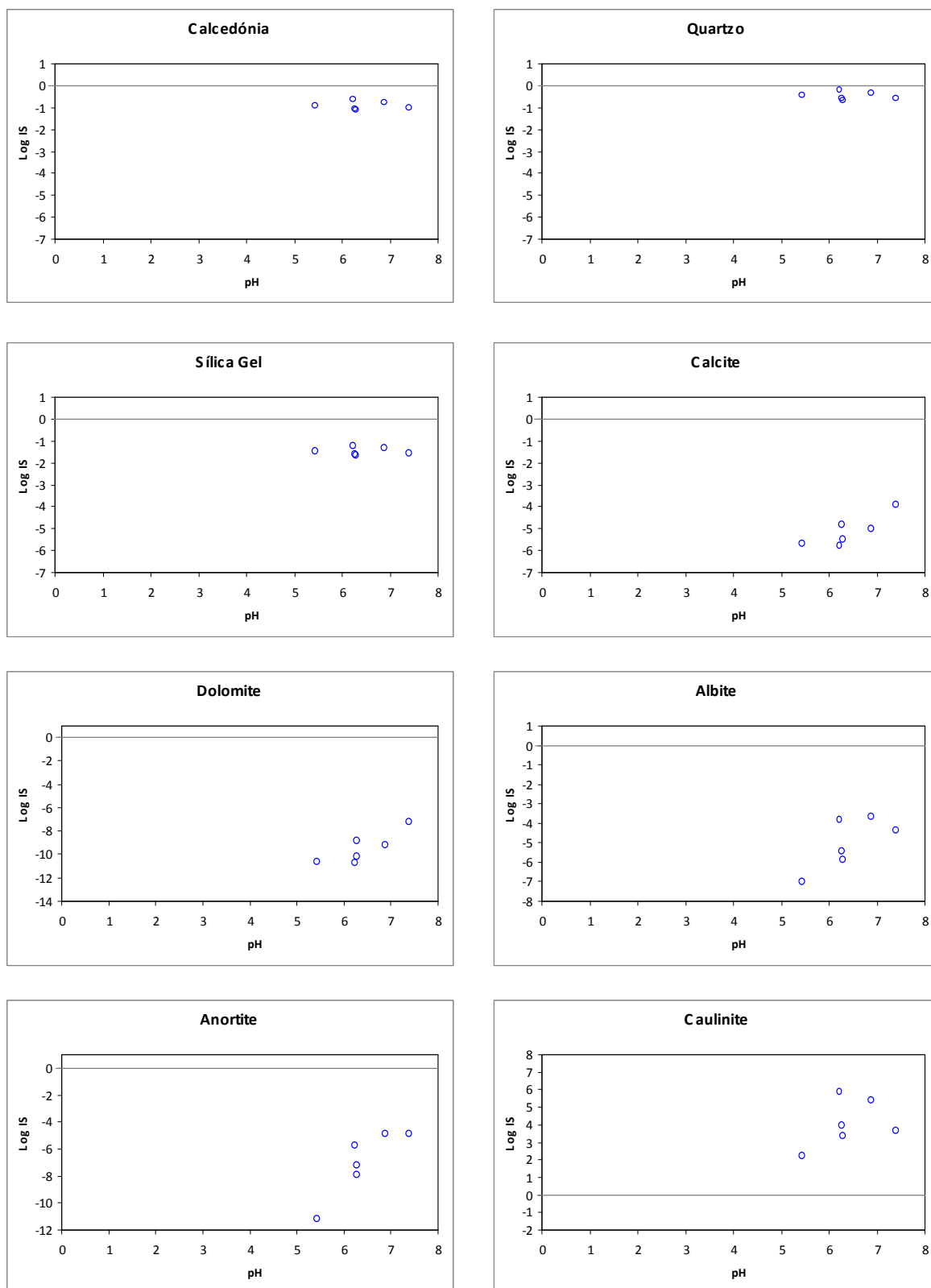


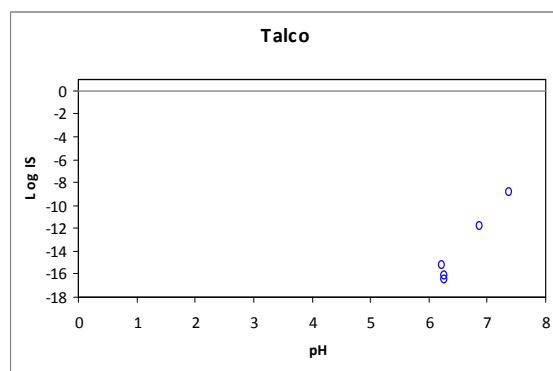
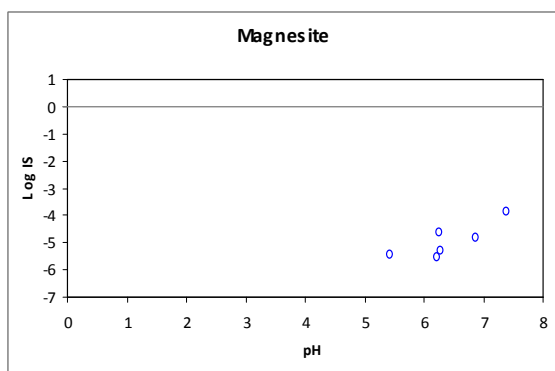
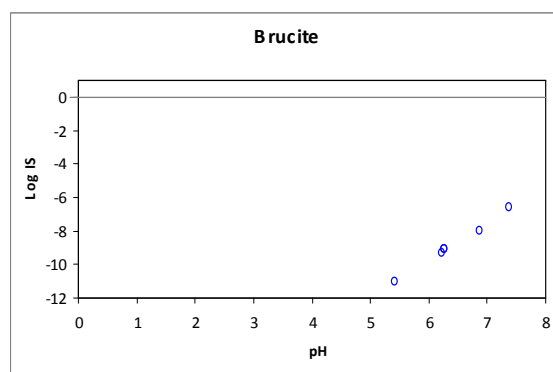
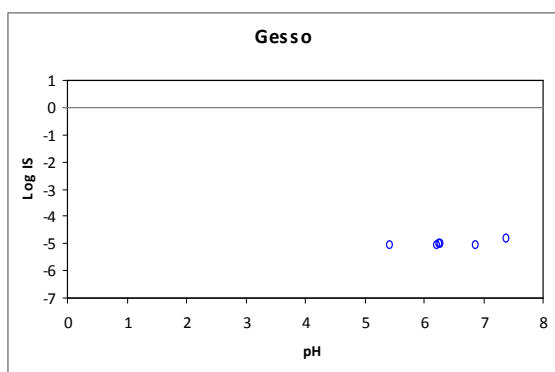
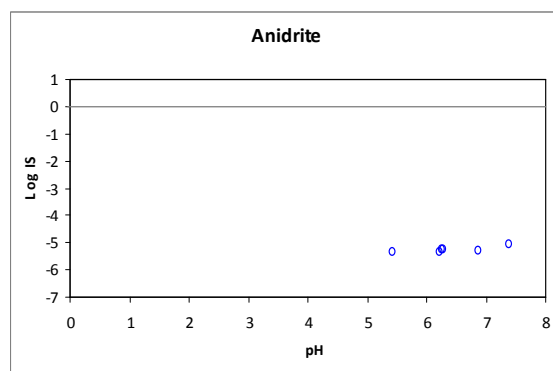
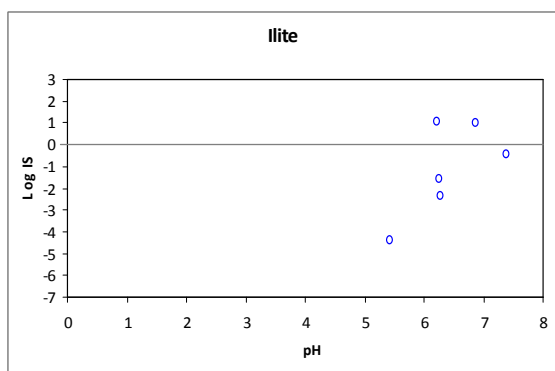
Anexo III.2. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa Comprida.

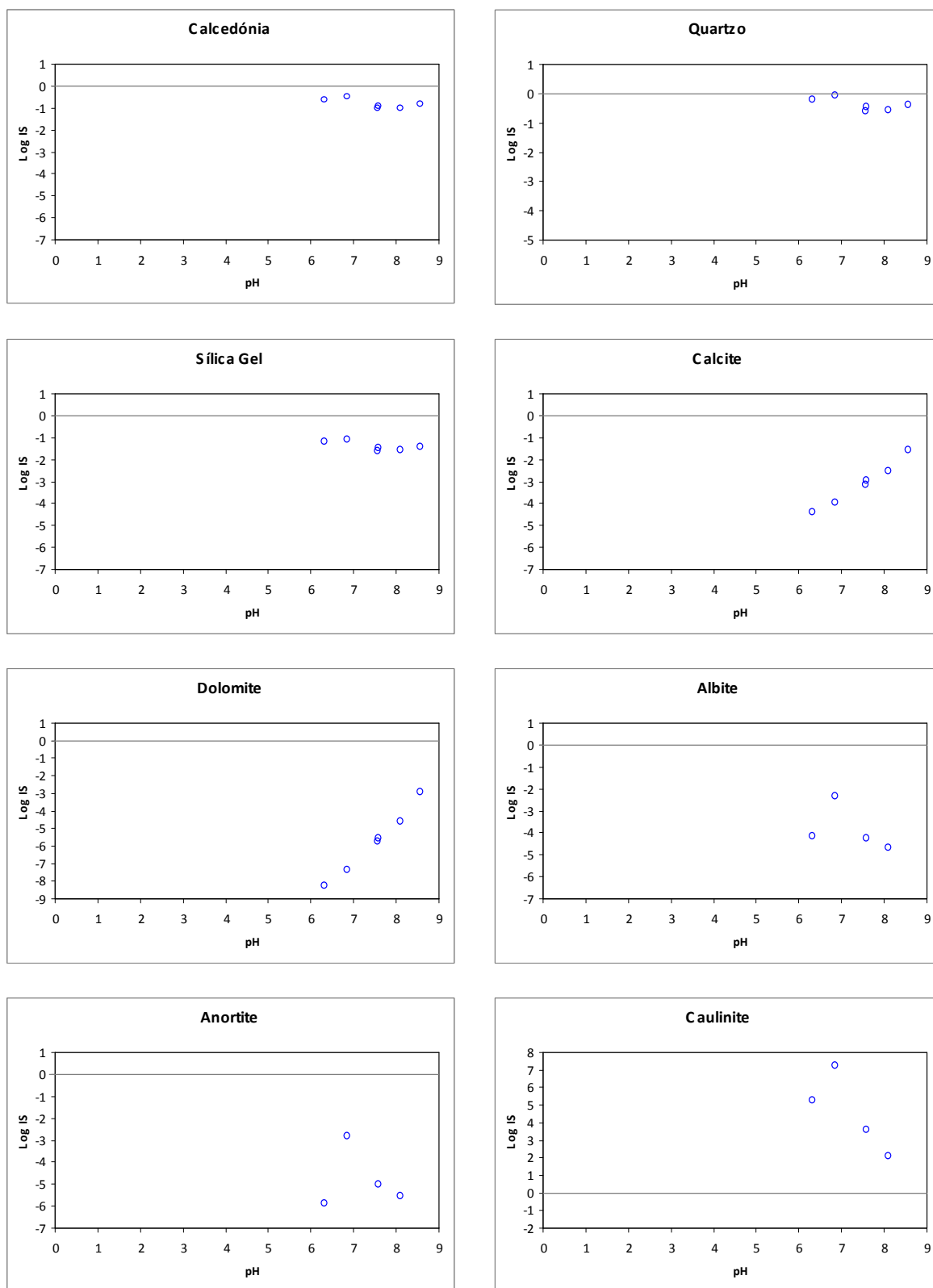


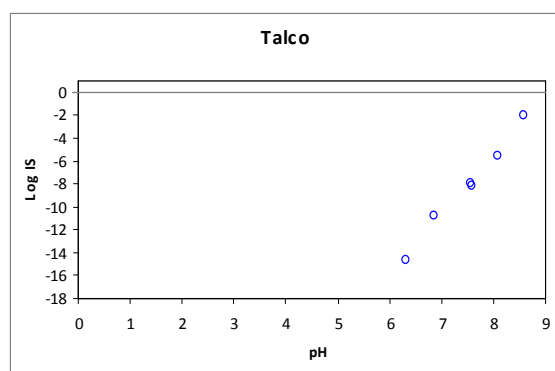
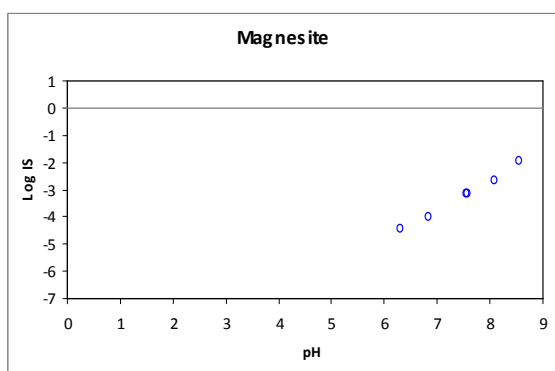
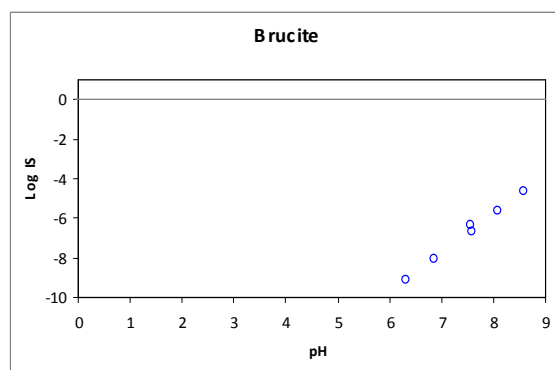
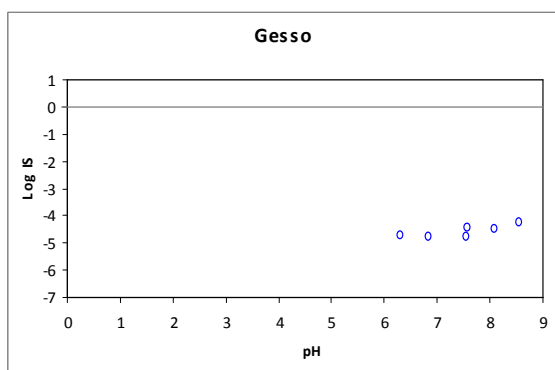
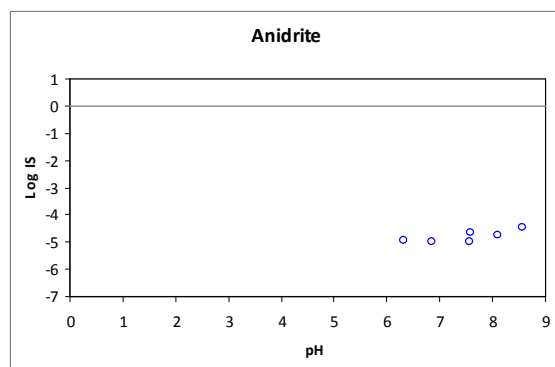
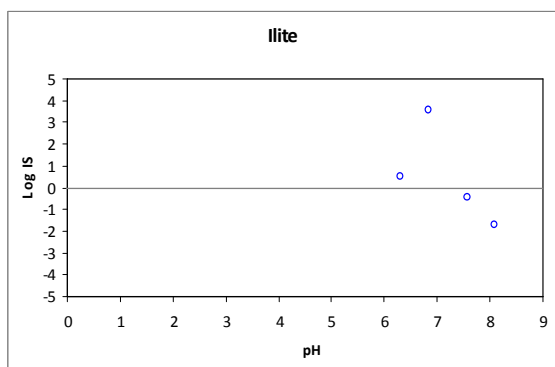
Anexo III.3. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa Funda.

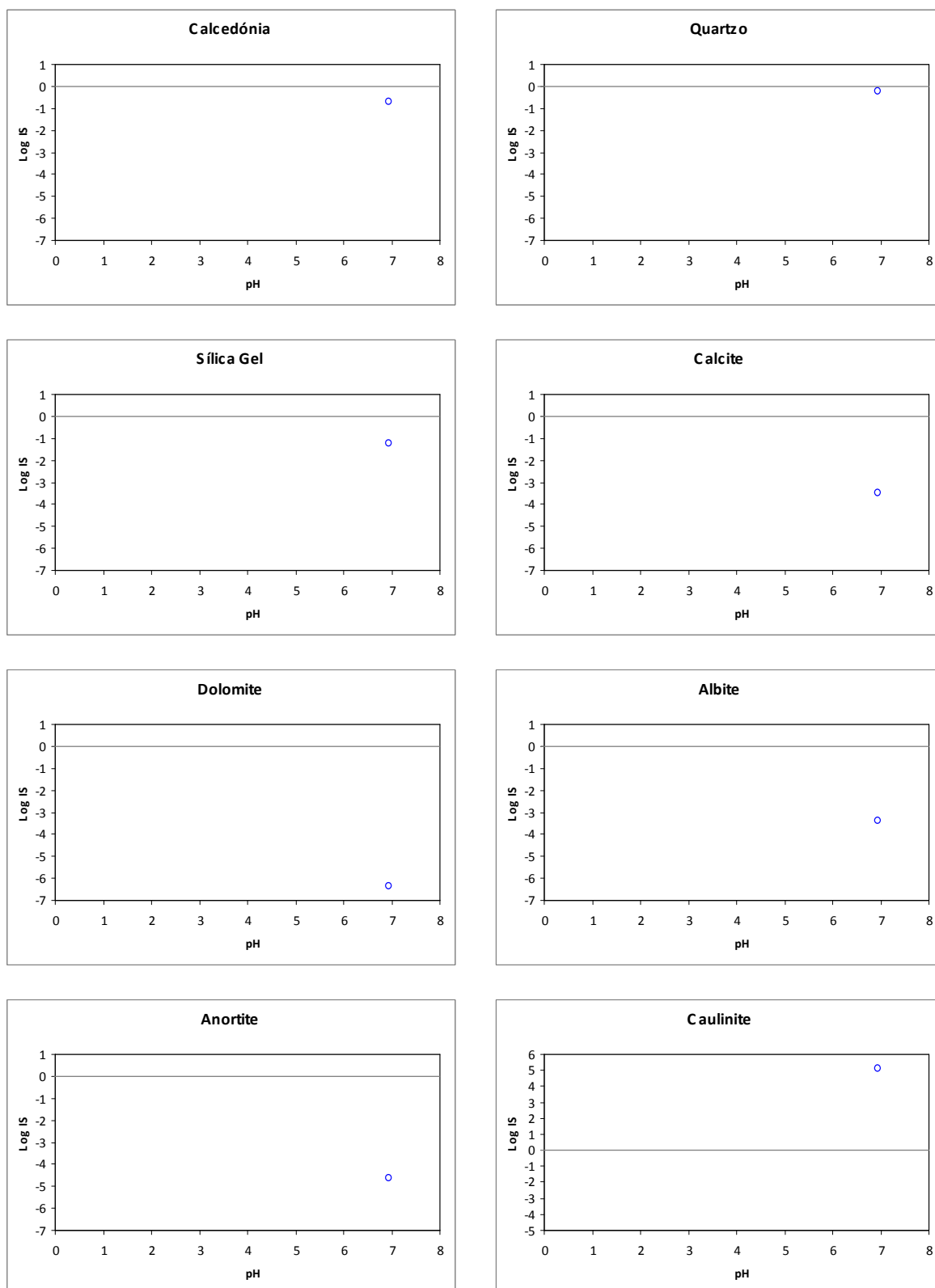


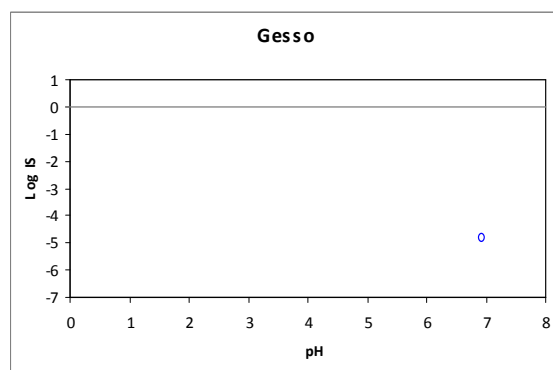
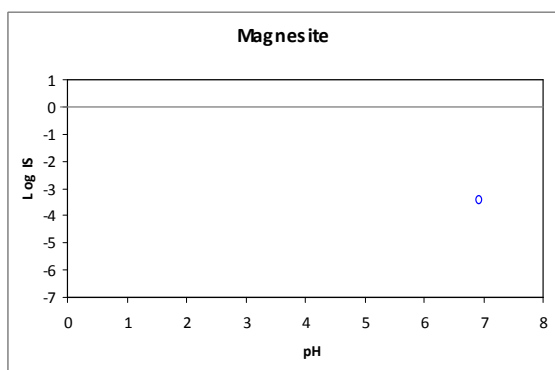
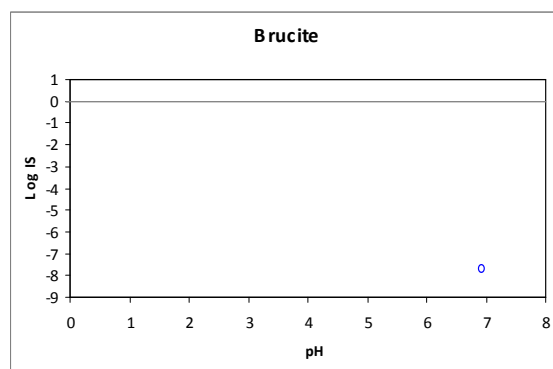
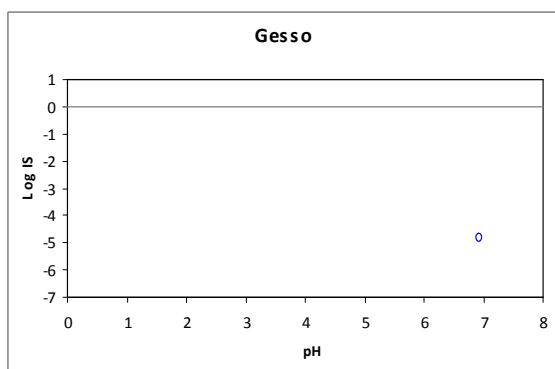
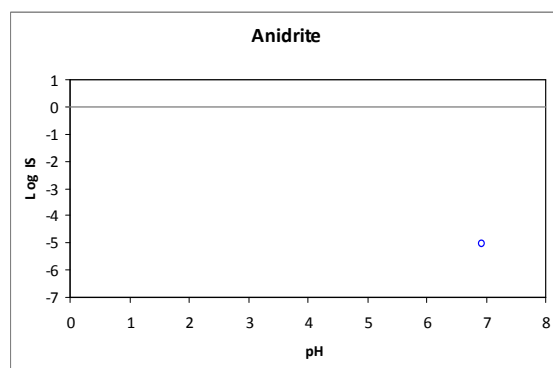
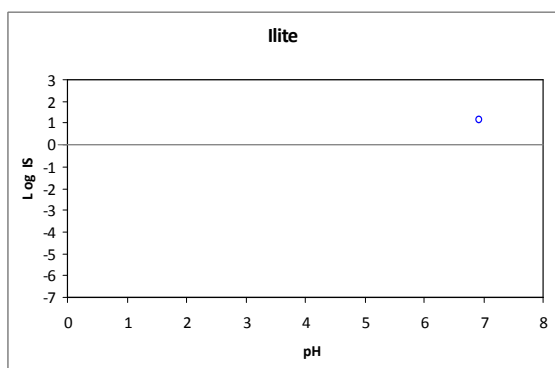
Anexo III.4. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa Rasa.



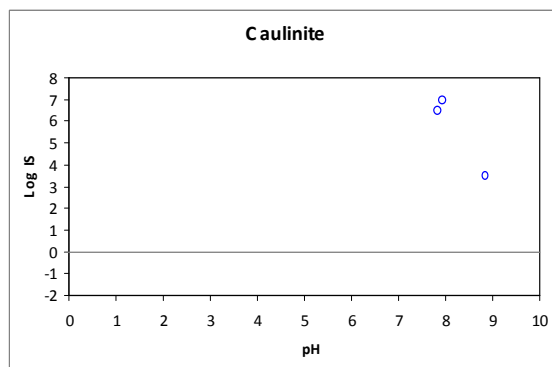
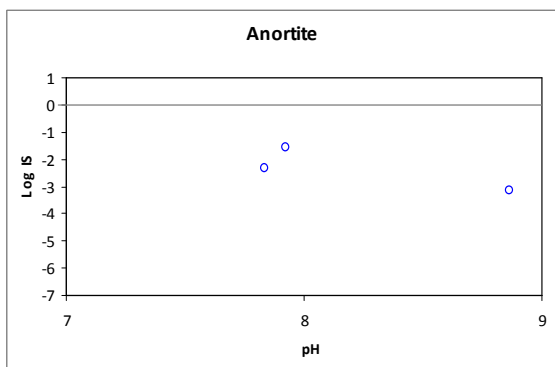
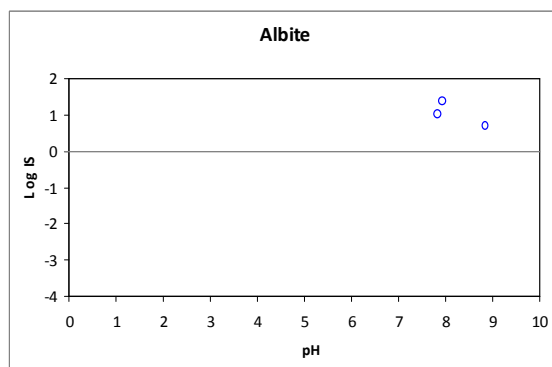
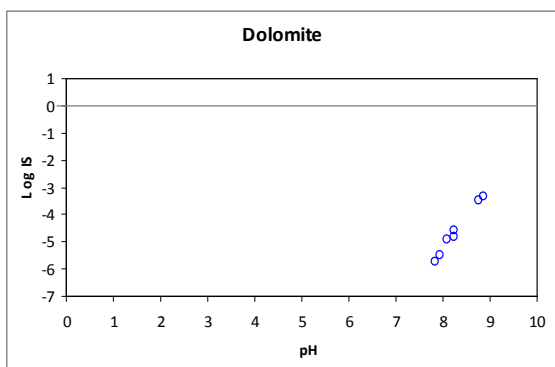
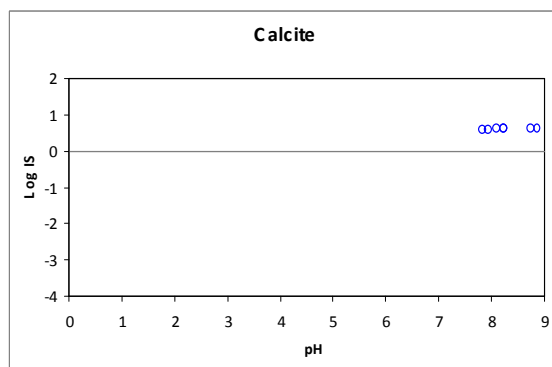
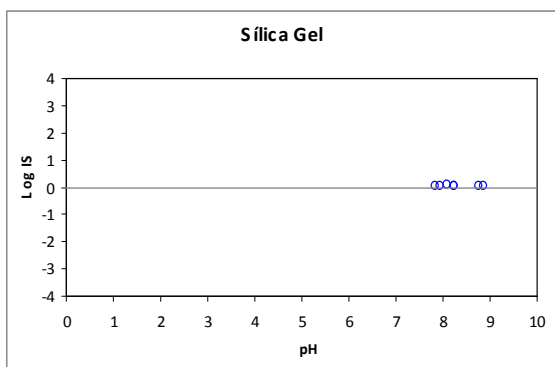
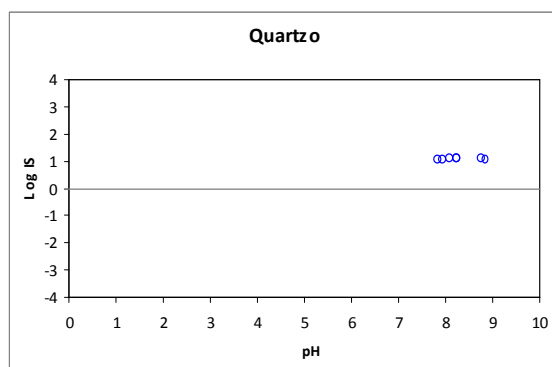
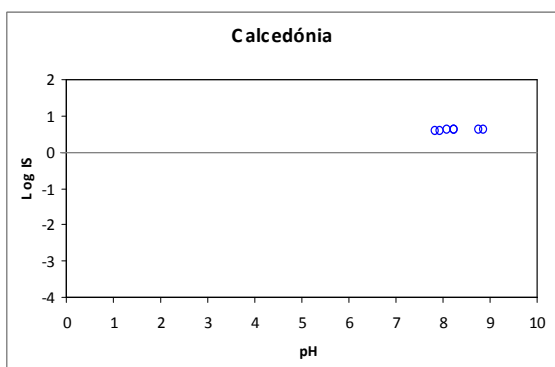
Anexo III.5. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa da Lomba.

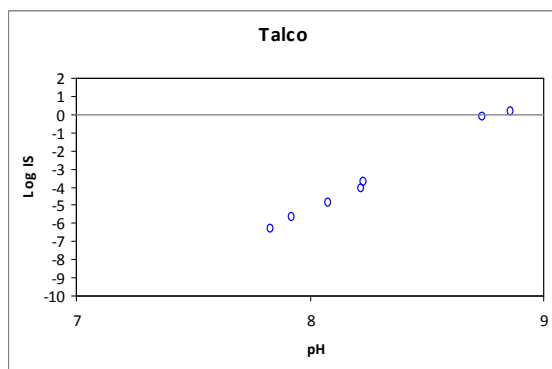
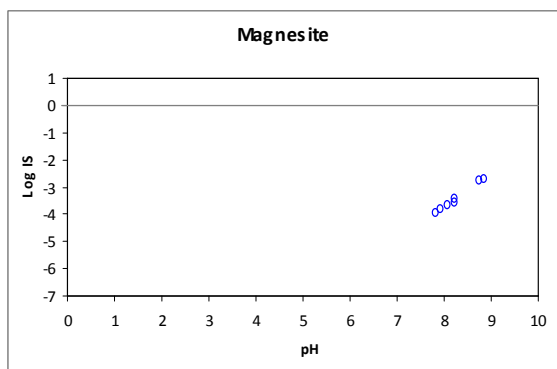
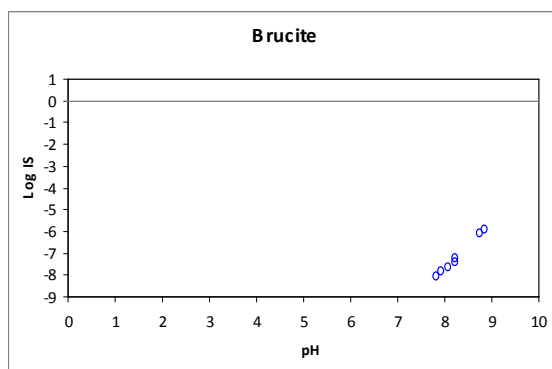
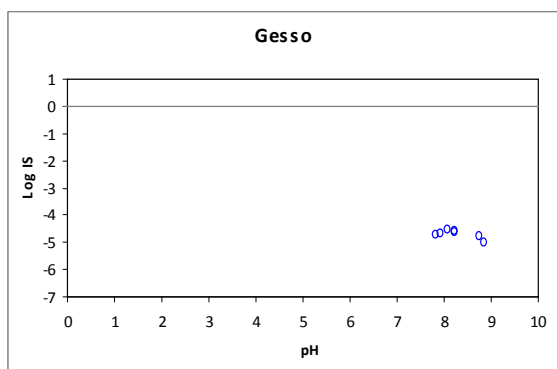
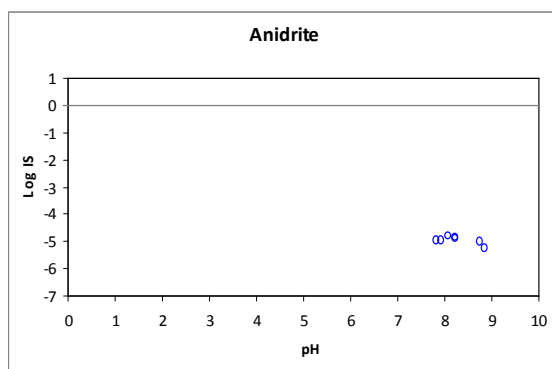
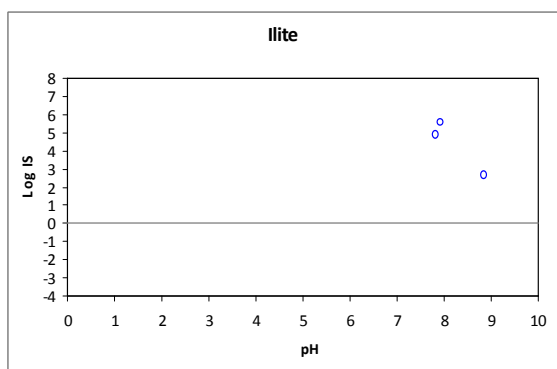


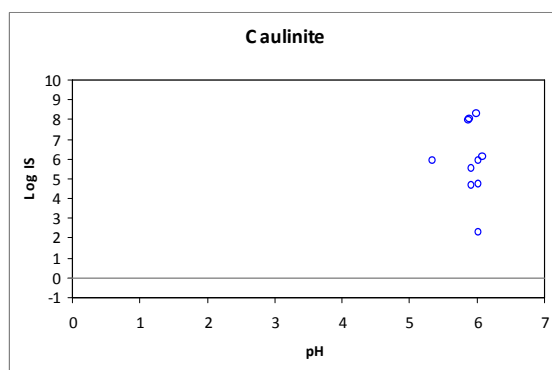
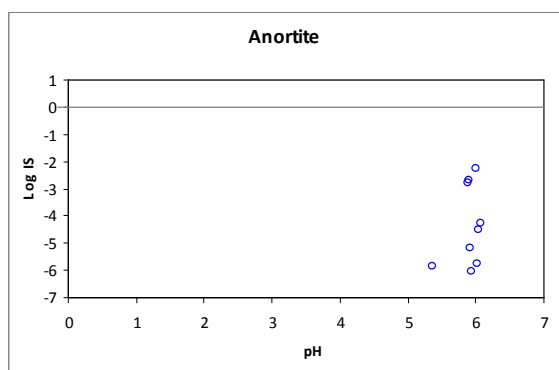
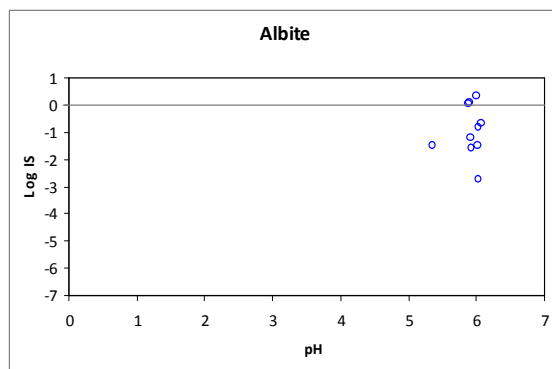
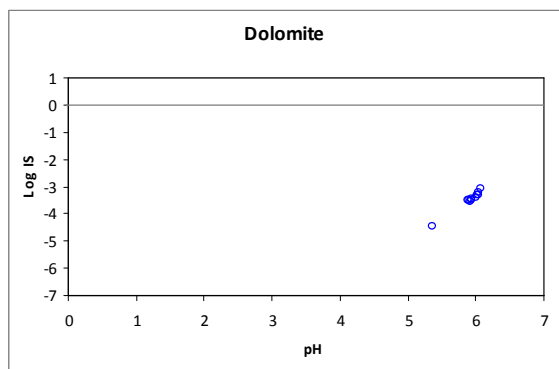
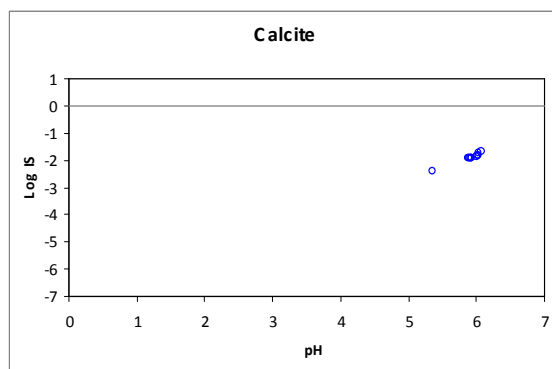
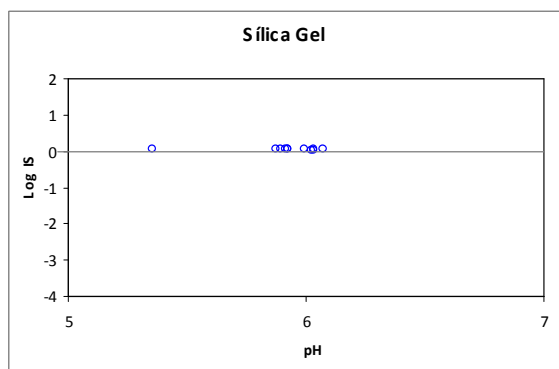
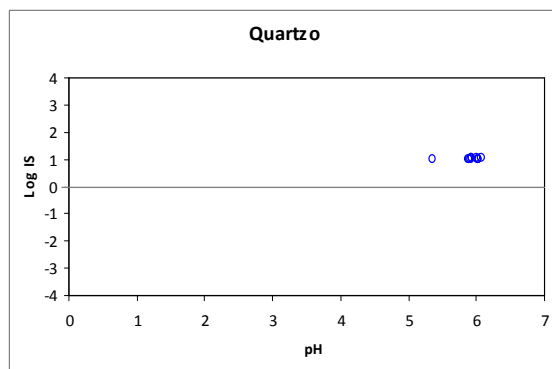
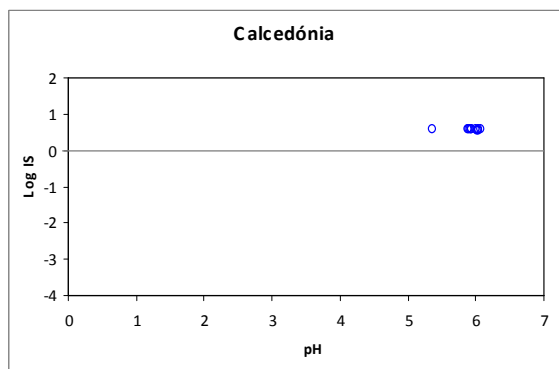
Anexo III.6. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa do Caldeirão (Corvo).

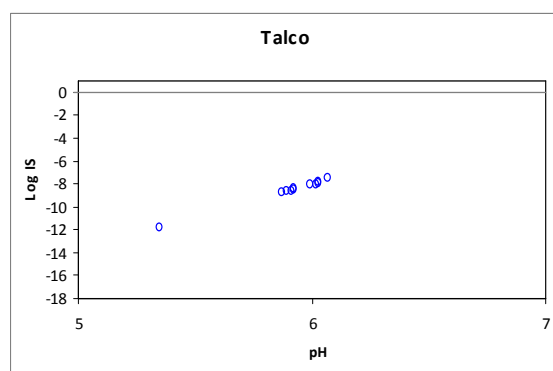
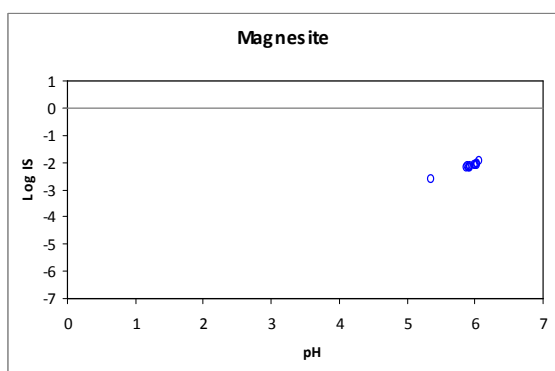
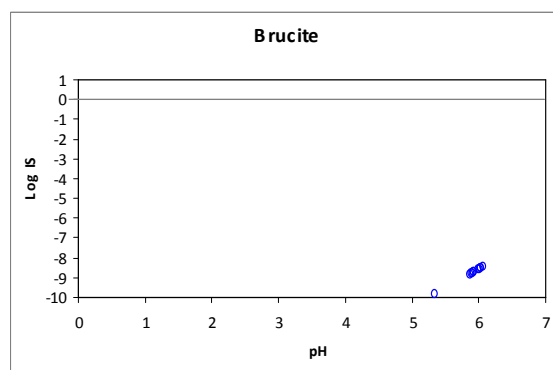
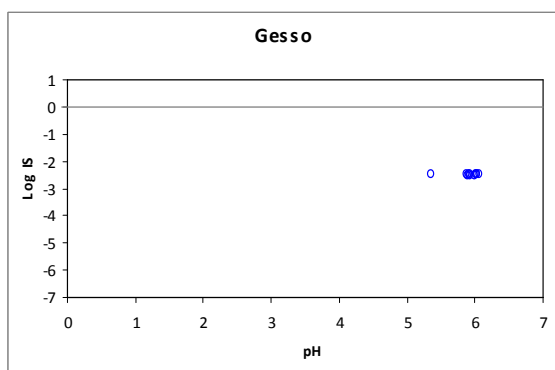
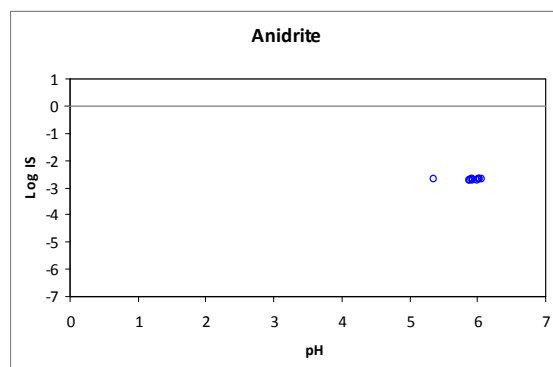
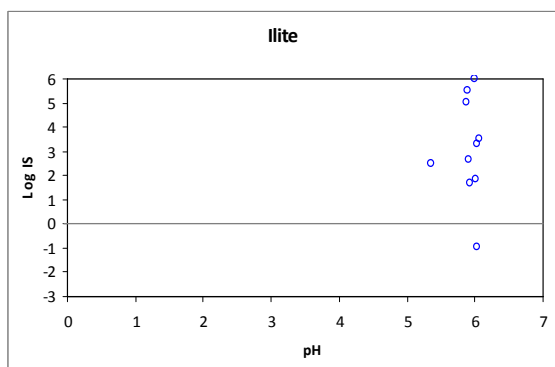


Anexo IV.1. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa do Algar do Carvão.





Anexo V.1. Histogramas dos IS das amostras de água da Lagoa da Furna do Enxofre.



PCA
Principal Component Analysis

Worksheet

Name: Data2

Data type: Abundance

Sample selection: All

Variable selection: All

Eigenvalues

PC	Eigenvalues	%Variation	Cum.%Variation
1	9,5	59,4	59,4
2	1,53	9,6	68,9
3	1,27	8,0	76,9
4	1,19	7,4	84,3
5	0,741	4,6	89,0

Eigenvectors

(Coefficients in the linear combinations of variables making up PC's)

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
pH	0,119	-0,641	0,000	0,018	0,006
Temp	0,035	0,036	-0,468	0,654	0,232
Cond	-0,304	0,024	0,077	0,100	0,064
O2	0,012	-0,639	0,263	0,123	0,421
CO2liv	-0,297	0,137	0,056	0,043	0,097
Alc	-0,319	-0,072	-0,050	-0,003	-0,029
CO2tot	-0,319	0,046	0,005	0,021	0,040
HCO3	-0,319	-0,070	-0,051	0,001	-0,025
SiO2	-0,235	-0,196	0,013	-0,258	-0,283
Na	-0,242	-0,253	-0,183	-0,162	-0,449
K	-0,099	-0,197	-0,699	0,046	-0,142
Ca	-0,311	0,037	0,014	0,099	0,160
Mg	-0,281	0,047	0,112	0,088	0,225
Fe	-0,003	0,051	-0,385	-0,656	0,602
Cl	-0,314	-0,001	0,090	0,022	0,041
SO4	-0,317	0,007	0,081	0,040	0,101

Principal Component Scores

Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
Co_S_5_05	0,74	-1,07	-0,498	0,251	0,229
Co_M_5_05	0,575	-5,77E-2	0,125	-0,126	9,68E-2
Co_F_5_05	0,303	0,44	-0,102	-1,07	0,954
Fo_S_5_05	1,75	1,08	0,466	-0,361	1,41E-2
Fo_M_5_05	1,64	1,63	0,818	-0,306	-0,359
Fo_F_5_05	1,56	1,9	0,938	-0,446	-0,384
AC_S_6_05	-1,07	-1,36	2,48E-2	-2,41	-2,68
AC_M_6_05	-1,14	-1,38	-1,75E-2	-2,37	-2,69
AC_F_6_05	-1,09	-1,43	1,75E-2	-2,42	-2,66
Co_S_6_05	1,21	-1,86	-0,776	1,21	0,79
Co_M_6_05	0,757	1,52	-0,878	-0,767	-0,313

Co_F_6_05	-0,208	2,27	-1,27	-1,67	0,39
-----------	--------	------	-------	-------	------

Principal Component Scores

Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
Fo_S_6_05	1,7	0,567	0,492	0,162	0,636
Fo_M_6_05	1,74	0,925	0,919	-3,61E-3	9,17E-2
Fo_F_6_05	1,6	1,87	0,82	-0,246	-0,281
Co_S_6_05	1,43	-1,96	-0,516	0,887	0,683
Co_M_6_05	0,732	1,59	-0,825	-0,847	-0,343
Co_F_6_05	0,219	2,03	-1,29	-1,73	0,303
Ex_S_7_05	-10,9	0,119	0,685	0,344	0,119
Ex_M_7_05	-12,8	1,26E-3	0,396	-8,51E-2	-0,378
Ex_F_7_05	-12,5	8,65E-2	0,375	-8,83E-2	-0,422
Lom_S_7_05	1,98	8,89E-2	0,764	1,18	0,896
Lom_M_7_05	1,78	1,09	0,828	8,9E-2	0,436
Lom_F_7_05	1,62	2,1	0,894	-3,89E-2	-0,223
Ras_S_7_05	1,78	0,611	0,247	1,09	0,701
Ras_M_7_05	1,68	1,06	0,835	9,46E-2	0,388
Ras_F_7_05	1,54	2,35	0,604	-5,83E-2	-0,297
Fun_S_7_05	0,805	-1,42	-0,158	1,68	0,567
Fun_M_7_05	0,158	0,292	0,884	6,44E-2	-4,68E-2
Fun_F_7_05	7,65E-2	1,72	-1,35E-2	-1,53	0,193
Com_S_7_05	1,31	-0,603	0,716	0,99	1,18
Com_M_7_05	1,19	-0,257	1,17	0,267	0,633
Com_F_7_05	1,23	3,1E-2	1,29	9,04E-2	0,696
Ve_S_7_05	0,805	-1,85	-0,341	1,61	0,366
Ve_M_7_05	0,683	0,608	0,216	8,77E-2	-0,815
Ve_F_7_05	-4,05E-2	2,05	-7,15E-2	-0,562	-1,13
Az_S_7_05	1,37	-1,52	-0,177	1,38	0,602
Az_M_7_05	0,959	0,99	-0,211	0,629	-0,398
Az_F_7_05	0,735	1,96	-0,187	-6,26E-3	-0,677
FuC_S_7_05	0,151	-1,41	-1,39	1,46	0,25
FuC_M_7_05	0,153	-0,667	-1,47	1,24	-9,68E-2
FuC_F_7_05	-0,552	1,6	-1,79	0,716	-0,912
FuP_S_7_05	0,235	-0,836	-1,43	1,43	0,194
FuP_M_7_05	0,152	-0,422	-1,46	1,16	-0,219
FuP_P_7_05	-0,543	1,7	-1,69	0,611	-0,856
FuF_S_7_05	0,101	-0,217	-1,48	1,46	8,88E-2
FuF_M_7_05	0,113	-0,529	-1,37	1,29	-0,109
FuF_F_7_05	-0,743	1,54	-1,66	0,749	-0,762
Sa_S_7_05	1,06	-1,46	-0,174	1,4	0,233
Sa_M_7_05	0,391	0,649	0,422	-0,343	-0,767
Sa_F_7_05	0,187	1,73	0,109	-0,552	-1,19
Co_S_7_05	1,16	-1,75	-0,682	1,56	0,604
Co_M_7_05	0,778	1,44	-0,557	0,103	-0,86
Co_F_7_05	9,45E-2	2,05	-1,08	-1,27	3,62E-2
Cap_S_9_05	2,11	0,301	1,2	-0,11	0,376
Cap_M_9_05	2,2	1,16	0,541	0,785	0,723
Cap_F_9_05	2,01	1,48	0,609	0,88	0,707
Sec_S_9_05	2,52	0,513	0,414	1,22	0,66

Cai_S_9_05	2,27	1,12	0,702	0,945	0,711
Cai_M_9_05	2,24	1,55	0,579	0,71	0,619
Cai_F_9_05	2,21	1,83	0,658	0,758	0,51

Principal Component Scores

Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
Pau_S_9_05	2,2	1,06	0,213	0,903	0,705
Pei_S_9_05	2,41	-0,28	8,95E-2	0,225	1,36
Pei_M_9_05	2,26	0,954	0,148	6,98E-4	1,11
Pei_F_9_05	2,16	1,26	0,239	0,121	0,93
Ros_S_9_05	2,46	0,552	0,501	0,908	0,705
Ros_M_9_05	2,41	0,977	0,584	0,717	0,492
Ros_F_9_05	2,27	1,68	0,624	0,602	0,204
Co_S_9_05	0,904	-0,845	-1,09	1,58	0,47
Co_M_9_05	0,736	0,971	-0,702	0,126	-0,794
Co_F_9_05	-0,39	2,35	-1,67	-1,96	0,77
Fo_S_9_05	2,02	0,656	0,22	1,19	0,635
Fo_M_9_05	1,92	0,913	0,32	1,12	0,516
Fo_F_9_05	1,55	2,55	0,675	-0,127	-0,507
FuC_S_9_05	-0,302	-0,394	-1,7	1,62	0,103
FuC_M_9_05	-0,245	1,52E-2	-1,82	1,5	-0,19
FuC_F_9_05	-0,772	1,53	-2,17	1,19	-0,789
FuP_S_9_05	-0,349	-0,144	-1,68	1,72	0,241
FuP_M_9_05	-0,314	4,1E-2	-1,74	1,53	-0,111
FuP_P_9_05	-0,981	1,75	-2,06	1,05	-0,752
FuF_S_9_05	0,105	0,112	-2,11	0,907	0,451
FuF_M_9_05	-0,334	0,239	-2,05	1,27	-0,273
FuF_F_9_05	-0,747	1,68	-2,56	0,628	-0,656
FuC_S_10_05	-0,247	0,607	-1,78	1,13	-0,491
FuC_M_10_05	-0,183	0,763	-1,8	1,14	-0,566
FuC_F_10_05	-0,34	0,753	-1,86	1,12	-0,534
FuP_S_10_05	-0,218	0,707	-1,74	1,22	-0,386
FuP_M_10_05	-0,19	0,474	-1,65	1,2	-0,369
FuP_P_10_05	-0,399	0,762	-1,78	1,07	-0,448
FuF_S_10_05	-0,265	0,391	-1,91	1,13	-0,504
FuF_M_10_05	-0,257	0,262	-1,85	1,13	-0,473
FuF_F_10_05	-0,254	0,228	-1,85	1,08	-0,454
Co_S_10_05	0,628	0,804	-0,485	0,406	-0,134
Co_M_10_05	0,697	1,67	-0,596	-9,45E-2	-0,866
Co_F_10_05	-0,324	2,4	-1,6	-2,17	0,636
Ve_S_11_05	-0,12	0,712	0,383	-0,159	-0,722
Ve_M_11_05	0,305	0,666	0,299	-0,611	-0,224
Ve_F_11_05	-0,59	2,09	-0,435	-1,28	-0,504
Az_S_11_05	0,837	0,554	0,433	9,35E-2	-0,175
Az_M_11_05	0,909	0,547	0,384	7,59E-2	-0,249
Az_F_11_05	0,885	5,3E-2	0,585	0,147	6,61E-2
Fo_S_11_05	2,07	-2,93E-2	1,44	-0,183	0,408
Fo_M_11_05	2,03	0,122	1,57	-0,135	0,501
Fo_F_11_05	2,02	0,143	1,57	-0,145	0,493
FuC_S_11_05	-0,149	-0,513	-0,687	0,115	-0,439

FuC_M_11_05	8,58E-2	-0,734	-0,749	0,106	-0,391
FuC_F_11_05	-8,74E-2	-0,874	-0,641	0,105	-0,291
FuP_S_11_05	-1,26E-2	-1,19	-0,543	0,21	-0,136
FuP_M_11_05	1,18E-2	-1,33	-0,494	0,211	-0,111
FuP_P_11_05	-1E-2	-1,32	-0,506	0,179	-3,14E-2

Principal Component Scores

Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
FuF_S_11_05	1E-2	-1,38	-0,45	0,25	8,26E-3
FuF_M_11_05	-7,8E-2	-1,25	-0,48	0,274	7,76E-2
FuF_F_11_05	-0,114	-1,07	-0,406	0,146	-8,43E-2
Co_S_11_05	0,628	1,07	-0,179	-0,203	-0,708
Co_M_11_05	0,69	0,862	1,87E-2	-0,136	-0,462
Co_F_11_05	0,647	0,816	-3,14E-2	-0,165	-0,371
Sa_S_12_05	0,735	0,121	1,04	-0,101	0,171
Sa_M_12_05	1	-4,87E-2	1,2	-9E-2	0,265
Sa_F_12_05	0,745	1,97	0,48	-0,85	-0,147
Ex_S_12_05	-11,4	0,334	1,24	0,809	1,23
Ex_M_12_05	-13,1	0,829	1,47	0,957	1,63
Ex_F_12_05	-13,1	0,964	1,43	0,947	1,64
AC_S_12_05	0,105	-1,63	1,06	-1,73	-0,582
AC_M_12_05	0,103	-1,29	0,985	-1,67	-0,753
AC_F_12_05	6,15E-2	-1,35	1,08	-1,82	-0,775
Ve_S_2_06	0,618	-1,39	1,25	-0,183	0,228
Ve_M_2_06	0,398	-0,817	1,07	-0,364	-0,301
Ve_F_2_06	0,119	-0,763	1,12	-0,386	-0,255
Az_S_2_06	0,927	-1,17	1,02	-5,02E-2	0,112
Az_M_2_06	0,907	-0,917	1,08	-0,247	0,135
Az_F_2_06	0,747	-0,654	1,08	-0,216	9,97E-2
Sa_S_2_06	0,761	-1,69	1,13	-0,47	-0,307
Sa_M_2_06	0,811	-1,07	1,09	-0,538	-0,398
Sa_F_2_06	0,72	-0,744	1,05	-0,618	-0,449
Fo_S_2_06	1,94	-1,6	1,97	-0,435	0,553
Fo_M_2_06	2,02	-1,34	1,94	-0,483	0,437
Fo_F_2_06	1,87	-0,733	1,92	-0,508	0,384
FuC_S_2_06	2,88E-2	-2,26	-0,149	-7,64E-2	4,49E-2
FuC_M_2_06	5,01E-2	-2,02	-0,13	-0,107	-0,101
FuC_F_2_06	-0,148	-1,11	-0,49	-0,317	-0,672
FuF_S_2_06	0,108	-1,79	-0,134	-3,1E-2	0,106
FuF_M_2_06	0,117	-1,65	-5,27E-2	-0,143	4,88E-2
FuF_F_2_06	-3,9E-2	-0,83	-0,383	-0,345	-0,444
Co_S_2_06	1,17	-2,23	0,699	-0,202	0,412
Co_M_2_06	1,14	-1,36	0,469	-0,373	-5,65E-2
Co_F_2_06	1,01	-0,606	0,347	-0,434	-0,209
Lom_S_5_06	1,46	-0,683	1,56	0,174	0,633
Lom_M_5_06	1,6	-0,302	1,57	0,104	0,604
Lom_F_5_06	1,52	0,135	1,55	-1,46E-2	0,542
Fun_S_5_06	0,451	-1,75	0,977	0,296	0,583
Fun_M_5_06	0,404	-1,19	0,849	-0,257	0,115
Fun_F_5_06	0,226	0,971	0,589	-0,701	-0,66

Com_S_5_06	1,06	-0,173	1,31	-9,13E-2	0,465
Com_M_5_06	1,05	-3,54E-2	1,33	-2,04E-2	0,451
Com_F_5_06	0,984	-8,52E-2	1,42	5,5E-2	0,539
Neg_S_5_06	-8,39E-2	-0,606	1,06	-0,205	0,521
Neg_M_5_06	-6,1E-2	-0,834	1,26	-0,473	5,28E-2
Neg_F_5_06	-4,95E-2	-0,995	1,3	-0,282	-3,46E-2
AC_S_5_06	-1,14	-1,87	0,467	-2,25	-1,99

Principal Component Scores

Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
AC_M_5_06	-1,13	-1,81	0,506	-2,26	-1,98
AC_F_5_06	-1,05	-1,92	0,508	-2,26	-1,95
Cap_S_6_06	2,05	0,179	0,786	1,24	1,08
Cap_M_6_06	2,13	-0,16	1,09	1,01	1,1
Cap_F_6_06	2,12	-0,265	1,49	0,501	0,943
Pau_S_6_06	2,03	1,1	0,14	1,47	1,04
Cai_S_6_06	1,93	1,44	1,14	0,408	0,595
Cai_M_6_06	1,95	1,19	1,21	0,455	0,655
Cai_F_6_06	2,03	0,86	1,35	0,303	0,626
Ros_S_6_06	2,08	0,56	1,41	0,216	0,683
Ros_M_6_06	1,63	0,777	1,68	-3,37E-3	0,778
Ros_F_6_06	1,58	1,76	1,51	-0,397	0,279
Pei_S_6_06	2,32	-0,654	1,27	0,219	0,814
Ex_S_7_06	-12,9	-0,383	0,646	0,311	0,157
Ex_M_7_06	-13,3	2,75E-3	0,927	0,433	0,36
Ex_F_7_06	-13,2	6,38E-2	0,735	0,314	0,267
Ex_S_11_06	-14,2	0,43	9,79E-2	-0,364	0,399
Ex_M_11_06	-14,5	0,964	1,52	-7,98E-2	0,892
Ex_F_11_06	-14,9	0,709	0,715	0,43	0,452
AC_S_2_07	-0,306	-1,96	0,503	-2,23	-1,92
AC_M_2_07	-0,273	-1,98	0,555	-2,17	-1,86
AC_F_2_07	-0,312	-1,75	0,57	-2,21	-1,83
Fo_S_3_07	1,86	0,686	0,832	-1,33	-3,71E-2
Fo_M_3_07	2,13	1,23	1,02	-0,859	-0,615
Fo_F_3_07	2,07	1,47	1,06	-0,82	-0,632
FuC_S_3_07	0,39	-1,43	-0,572	-0,445	-0,677
FuC_M_3_07	0,275	-0,891	-3,99	-6,3	4,55
FuC_F_3_07	0,232	-0,596	-2,52	-3,64	2,02
FuF_S_3_07	0,123	-1,4	-0,851	-1,03	7,04E-2
FuF_M_3_07	-8,25E-2	-0,943	-1,18	-1,56	0,381
FuF_F_3_07	-0,187	-0,683	-0,545	-0,616	-0,546
Sa_S_4_07	1,03	-1,75	0,934	-0,427	-0,319
Sa_M_4_07	0,769	-0,697	0,716	-0,642	-0,428
Sa_F_4_07	0,909	-1,04	0,822	-0,457	-0,56
Co_S_4_07	0,666	-0,108	-3,5	-6,43	5,69
Co_M_4_07	0,718	-0,375	0,123	-0,206	-0,17
Co_F_4_07	0,672	-0,393	0,111	-0,284	0,227
Ve_S_4_07	0,588	-0,748	0,72	-0,172	-4,34E-2
Ve_M_4_07	0,432	-0,786	0,778	-0,359	-0,299
Ve_F_4_07	0,388	-0,255	0,828	-0,307	-0,527

Az_S_4_07	0,673	-0,495	0,801	-1,3E-2	-0,263
Az_M_4_07	0,812	-0,363	0,846	6,4E-2	-7,44E-3
Az_F_4_07	0,781	9,92E-2	0,681	-0,2	-0,213
Ve_S_5_07	0,698	-1,73	0,176	0,411	0,402
Ve_M_5_07	0,477	-0,393	0,258	-0,375	-0,185
Ve_F_5_07	0,195	1,41	-7,35E-2	-0,894	-0,639
Az_S_5_07	1,04	-1,22	0,327	0,893	0,349
Az_M_5_07	0,899	-0,399	0,486	0,451	2,38E-2
Az_F_5_07	0,327	1,18	0,151	0,114	-0,695

Principal Component Scores

Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
Sa_S_5_07	0,747	-1,7	0,494	0,426	-0,161
Sa_M_5_07	0,507	-0,288	0,585	-0,192	-0,673
Sa_F_5_07	0,226	1,33	0,369	-0,543	-1,23
FuC_S_5_07	0,245	-2,79	-1,04	0,994	0,148
FuC_M_5_07	5,65E-2	-1,19	-1,06	0,386	-0,685
FuC_F_5_07	-0,293	0,912	-1,28	-1,58E-2	-1,45
FuF_S_5_07	0,194	-3,26	-0,871	1,09	0,443
FuF_M_5_07	6,5E-2	-1,98	-0,936	0,504	-0,258
FuF_F_5_07	-0,319	0,123	-1,17	0,117	-0,961
FuC_S_6_07	-0,12	-2,3	-1,76	0,723	1,37E-2
FuC_M_6_07	-0,338	-0,859	-1,42	0,355	-0,637
FuC_F_6_07	-0,385	-0,182	-2,6	-1,8	1,08
FuF_S_6_07	0,105	-2,15	-2,5	-0,287	0,993
FuF_M_6_07	-0,135	-1,05	-1,94	-1,52E-4	-0,37
FuF_F_6_07	-0,264	-0,654	-1,64	5,66E-3	-0,586
Ve_S_6_07	0,754	-1,54	8,25E-2	0,823	0,263
Ve_M_6_07	0,55	-0,319	0,249	0,241	-0,437
Ve_F_6_07	0,225	2,09	0,113	-0,662	-1,56
Az_S_6_07	0,938	-0,34	9,53E-2	0,933	0,457
Az_M_6_07	0,979	-0,269	0,192	0,503	2,42E-2
Az_F_6_07	0,655	1,51	2,73E-2	-4E-2	-0,782
Cald_S_7_07	1,16	0,722	0,731	0,611	0,516
Fun_S_7_07	0,619	-1,44	-0,179	1,71	0,588
Fun_M_7_07	0,102	0,269	0,682	-0,266	0,173
Fun_F_7_07	3,47E-2	1,72	0,356	-0,966	-0,218
Com_S_7_07	1,25	-0,613	0,642	0,884	1,24
Com_M_7_07	1,15	-0,213	1,13	0,167	0,818
Com_F_7_07	1,09	3,6E-2	1,11	-4,9E-2	0,897
Ras_S_7_07	1,49	1,38	0,616	0,715	0,562
Ras_M_7_07	1,57	1,49	0,744	0,607	0,328
Ras_F_7_07	1,16	2,88	0,795	-0,404	-0,31
FuF_S_8_07	-0,485	-0,465	-2,48	0,697	-0,331
FuF_M_8_07	-0,377	-0,431	-2,42	0,611	-0,224
FuF_F_8_07	-0,692	-0,445	-2,16	0,839	-0,343
Sa_S_8_07	0,752	-1,74	-0,185	1,16	-8,36E-2
Sa_M_8_07	0,399	0,268	-6,08E-2	-0,203	-1,35
Sa_F_8_07	0,228	2,07	-0,301	-1,22	-1,09
Sa_S_8_07	0,886	-1,39	-1,09	1,5	0,246

Sa_M_8_07	0,914	1,44	-0,784	0,158	-0,977
Sa_F_8_07	-4,33E-2	2,16	-1,66	-1,56	0,148

Outputs
Plot: Graph7

PCA Principal Component Analysis

Worksheet

Name: Data2

Data type: Abundance

Sample selection: 1-18,22-119,123-172,179-248

Variable selection: All

Eigenvalues

PC	Eigenvalues	%Variation	Cum.%Variation
1	1,82	25,7	25,7
2	1,55	21,9	47,6
3	1,26	17,7	65,4
4	0,895	12,6	78,0
5	0,609	8,6	86,6

Eigenvectors

(Coefficients in the linear combinations of variables making up PC's)

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
pH	-0,258	0,567	0,048	0,133	-0,362
Temp	-0,066	-0,147	0,782	0,310	-0,444
Cond	-0,091	-0,030	0,054	-0,091	0,024
O2	-0,101	0,710	0,064	0,274	0,377
CO2liv	-0,028	-0,118	0,013	-0,026	0,027
Alc	-0,253	-0,034	-0,002	-0,096	0,040
CO2tot	-0,136	-0,087	0,005	-0,061	0,040
HCO3	-0,251	-0,035	0,002	-0,093	0,044
SiO2	-0,309	0,072	-0,260	-0,222	-0,463
Na	-0,475	0,011	-0,104	-0,322	-0,175
K	-0,604	-0,224	0,250	0,079	0,499
Ca	-0,098	-0,061	0,075	0,022	0,089
Mg	-0,031	-0,014	0,029	0,015	0,052
Fe	-0,214	-0,262	-0,481	0,782	-0,137
Cl	-0,116	-0,014	-0,024	-0,096	-0,022
SO4	-0,091	-0,012	-0,001	-0,030	0,017

Principal Component Scores

Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
Co_S_5_05	-0,716	0,708	0,426	0,426	0,563
Co_M_5_05	4,55E-3	8,21E-2	-0,172	-2,39E-2	0,828
Co_F_5_05	-5,91E-2	-0,549	-1	0,784	1,44
Fo_S_5_05	1,47	-0,46	-0,459	0,179	-0,607
Fo_M_5_05	1,83	-0,799	-0,56	-0,413	-0,123
Fo_F_5_05	1,96	-1	-0,747	-0,533	0,199
AC_S_6_05	-2,44	0,306	-2,38	-2,09	-2,38
AC_M_6_05	-2,51	0,288	-2,33	-2,11	-2,45
AC_F_6_05	-2,49	0,353	-2,38	-2,07	-2,42
Co_S_6_05	-0,739	1,51	1,51	1,15	-0,578

Co_M_6_05	0,195	-1,79	-0,508	7,5E-2	3,18E-2
Co_F_6_05	-0,225	-2,84	-1,29	0,603	0,582
<i>Principal Component Scores</i>					
Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
Fo_S_6_05	1,37	8,87E-2	6,23E-2	0,629	-0,335
Fo_M_6_05	1,7	-6,69E-2	-0,264	-3,58E-2	5,77E-2
Fo_F_6_05	1,96	-0,998	-0,513	-0,418	0,13
Co_S_6_05	-0,597	1,71	1,13	1,08	-0,443
Co_M_6_05	0,23	-1,85	-0,607	1,92E-2	0,132
Co_F_6_05	-0,157	-2,6	-1,32	0,689	0,474
Lom_S_7_05	1,65	0,823	0,98	0,704	-0,558
Lom_M_7_05	1,83	-0,195	-0,137	0,29	-0,277
Lom_F_7_05	2,18	-1,11	-0,342	-0,431	-0,179
Ras_S_7_05	1,48	6,72E-2	1,03	0,67	-0,968
Ras_M_7_05	1,75	-0,197	-0,138	0,22	-0,342
Ras_F_7_05	2,09	-1,49	-0,279	-0,407	-0,525
Fun_S_7_05	-0,274	1,43	1,73	0,612	-2,09
Fun_M_7_05	0,435	0,11	-0,256	-0,562	-5,33E-2
Fun_F_7_05	0,383	-1,72	-1,53	0,11	-0,311
Com_S_7_05	0,881	1,23	0,807	0,833	-0,16
Com_M_7_05	1,02	0,997	-6,23E-2	0,203	0,307
Com_F_7_05	1,25	0,809	-0,276	0,212	0,441
Ve_S_7_05	-0,66	1,67	1,75	0,543	-1,65
Ve_M_7_05	0,408	-0,427	-9,8E-3	-0,787	-0,641
Ve_F_7_05	0,434	-2,02	-0,628	-1,2	-0,395
Az_S_7_05	-8,94E-2	1,57	1,49	0,807	-1,18
Az_M_7_05	0,682	-0,798	0,646	-0,314	-0,698
Az_F_7_05	0,918	-1,75	-1,88E-2	-0,641	-0,344
FuC_S_7_05	-1,51	0,591	1,85	0,492	-2,43E-2
FuC_M_7_05	-1,26	-0,124	1,64	0,172	7,91E-2
FuC_F_7_05	-0,859	-2,43	1,11	-0,726	0,111
FuP_S_7_05	-1,2	9,32E-2	1,82	0,406	0,187
FuP_M_7_05	-1,16	-0,346	1,54	6,75E-2	-6,84E-2
FuP_P_7_05	-0,749	-2,48	0,975	-0,705	8,51E-2
FuF_S_7_05	-0,996	-0,48	1,83	0,209	0,366
FuF_M_7_05	-1,14	-0,195	1,64	9,15E-2	0,101
FuF_F_7_05	-0,888	-2,34	1,09	-0,7	0,141
Sa_S_7_05	-0,279	1,44	1,48	0,415	-1,37
Sa_M_7_05	0,305	-0,472	-0,502	-0,877	-0,142
Sa_F_7_05	0,479	-1,63	-0,656	-1,24	-0,138
Co_S_7_05	-0,62	1,48	1,8	0,87	-0,404
Co_M_7_05	0,429	-1,5	0,205	-0,639	-1,01E-2
Co_F_7_05	-4,11E-2	-2,5	-0,958	0,277	0,386
Cap_S_9_05	1,77	0,682	-0,406	0,306	-0,112
Cap_M_9_05	2,12	-0,198	0,644	0,66	-0,349
Cap_F_9_05	2,23	-0,46	0,692	0,508	-0,154
Sec_S_9_05	1,97	0,403	1,14	0,805	-1,14
Cai_S_9_05	2,25	-4,91E-2	0,75	0,584	-0,341
Cai_M_9_05	2,34	-0,51	0,548	0,545	-0,385

Cai_F_9_05	2,5	-0,722	0,553	0,36	-0,208
Pau_S_9_05	1,9	-0,256	0,868	0,799	-0,816
Pei_S_9_05	1,24	0,817	0,343	1,75	-1,29

Principal Component Scores

Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
Pei_M_9_05	1,74	-0,272	4,92E-2	1,34	-0,652
Pei_F_9_05	1,89	-0,5	0,113	1,06	-0,561
Ros_S_9_05	1,95	0,361	0,81	0,818	-0,853
Ros_M_9_05	2,12	-4,91E-3	0,579	0,564	-0,673
Ros_F_9_05	2,37	-0,64	0,416	0,195	-0,478
Co_S_9_05	-0,527	0,469	1,9	0,78	-0,798
Co_M_9_05	9,1E-2	-1,18	0,286	-0,477	-0,319
Co_F_9_05	-0,504	-3,16	-1,44	1,08	0,397
Fo_S_9_05	1,62	6,55E-2	1,13	0,643	-0,493
Fo_M_9_05	1,72	-0,139	1,01	0,45	-0,366
Fo_F_9_05	2,19	-1,64	-0,386	-0,652	7,12E-2
FuC_S_9_05	-1,4	-0,499	2,04	0,209	3,57E-2
FuC_M_9_05	-1,29	-0,927	1,95	1,07E-2	-6,86E-2
FuC_F_9_05	-1,12	-2,54	1,67	-0,593	-0,268
FuP_S_9_05	-1,24	-0,683	2,12	0,251	0,237
FuP_M_9_05	-1,24	-0,908	1,95	2,82E-2	-0,139
FuP_P_9_05	-1,07	-2,72	1,49	-0,657	-0,229
FuF_S_9_05	-1,22	-1,1	1,51	0,843	3,05E-2
FuF_M_9_05	-1,41	-1,28	1,79	8,92E-3	-6,87E-2
FuF_F_9_05	-1,33	-2,92	1,26	-0,24	-0,386
FuC_S_10_05	-1,07	-1,47	1,55	-0,278	7,19E-2
FuC_M_10_05	-0,977	-1,6	1,56	-0,33	6,22E-2
FuC_F_10_05	-1,1	-1,66	1,55	-0,321	7,26E-2
FuP_S_10_05	-0,943	-1,51	1,63	-0,217	8,41E-2
FuP_M_10_05	-1	-1,27	1,59	-0,207	8,12E-2
FuP_P_10_05	-1,07	-1,63	1,48	-0,273	-4,51E-2
FuF_S_10_05	-1,28	-1,37	1,59	-0,225	0,102
FuF_M_10_05	-1,3	-1,23	1,58	-0,206	0,108
FuF_F_10_05	-1,32	-1,2	1,54	-0,182	0,129
Co_S_10_05	0,196	-0,878	0,497	-0,139	0,612
Co_M_10_05	0,435	-1,76	1,22E-2	-0,674	0,283
Co_F_10_05	-0,456	-3,19	-1,66	0,983	0,449
Ve_S_11_05	5,89E-2	-0,63	-0,345	-1,04	0,206
Ve_M_11_05	0,228	-0,56	-0,708	-0,365	1,66E-2
Ve_F_11_05	-0,1	-2,38	-1,21	-0,581	-0,173
Az_S_11_05	0,66	-0,21	-6,4E-2	-0,371	0,454
Az_M_11_05	0,659	-0,22	-6,19E-2	-0,374	0,266
Az_F_11_05	0,555	0,317	-3,63E-2	-0,179	0,598
Fo_S_11_05	1,67	1,04	-0,548	0,2	0,693
Fo_M_11_05	1,81	0,978	-0,551	0,163	1,05
Fo_F_11_05	1,82	0,96	-0,563	0,155	1,05
FuC_S_11_05	-1,2	-0,127	0,267	-0,469	1,63
FuC_M_11_05	-1,21	7,63E-2	0,299	-0,312	1,61

FuC_F_11_05	-1,31	0,22	0,262	-0,304	1,62
FuP_S_11_05	-1,33	0,573	0,349	-0,177	1,68
FuP_M_11_05	-1,36	0,721	0,341	-0,158	1,72
FuP_P_11_05	-1,37	0,699	0,314	-8,9E-2	1,75
FuF_S_11_05	-1,34	0,798	0,367	-7,77E-2	1,75
FuF_M_11_05	-1,32	0,661	0,391	-5,38E-2	1,84

Principal Component Scores

Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
FuF_F_11_05	-1,26	0,517	0,232	-0,233	1,89
Co_S_11_05	0,307	-1,07	-0,208	-0,685	0,785
Co_M_11_05	0,39	-0,766	-0,194	-0,548	1,07
Co_F_11_05	0,32	-0,759	-0,202	-0,458	1,13
Sa_S_12_05	0,749	0,442	-0,426	-0,26	0,627
Sa_M_12_05	0,918	0,724	-0,447	-0,165	0,751
Sa_F_12_05	1,23	-1,48	-1,03	-0,353	0,483
AC_S_12_05	-0,903	1,52	-1,96	-0,57	-0,612
AC_M_12_05	-0,784	1,2	-1,9	-0,725	-0,7
AC_F_12_05	-0,814	1,27	-2,07	-0,767	-0,627
Ve_S_2_06	-1,19E-2	1,77	-0,522	-0,181	0,663
Ve_M_2_06	-4,95E-2	1,09	-0,675	-0,642	0,5
Ve_F_2_06	-0,146	1,01	-0,728	-0,72	0,689
Az_S_2_06	0,155	1,54	-0,318	-0,131	0,528
Az_M_2_06	0,279	1,33	-0,535	-0,151	0,74
Az_F_2_06	0,323	1,08	-0,523	-0,262	0,785
Sa_S_2_06	-0,282	1,9	-0,744	-0,441	0,397
Sa_M_2_06	1,66E-2	1,36	-0,816	-0,549	0,517
Sa_F_2_06	9,57E-2	1,04	-0,899	-0,633	0,606
Fo_S_2_06	1,05	2,56	-0,908	0,292	0,556
Fo_M_2_06	1,19	2,34	-0,954	0,207	0,555
Fo_F_2_06	1,39	1,78	-1	5,33E-2	0,787
FuC_S_2_06	-1,66	1,65	-2,19E-3	1,35E-2	1,48
FuC_M_2_06	-1,54	1,44	-4,9E-2	-0,135	1,53
FuC_F_2_06	-1,5	0,406	-0,188	-0,565	1,15
FuF_S_2_06	-1,36	1,28	2,15E-2	-2,2E-2	2,11
FuF_M_2_06	-1,25	1,19	-0,113	-7,9E-2	1,97
FuF_F_2_06	-1,2	0,258	-0,247	-0,433	1,6
Co_S_2_06	-0,459	2,3	-0,32	0,393	1,18
Co_M_2_06	-0,247	1,41	-0,451	4,19E-2	0,842
Co_F_2_06	-3,03E-2	0,666	-0,509	-0,164	1,06
Lom_S_5_06	1,18	1,6	-0,245	0,241	-0,196
Lom_M_5_06	1,44	1,3	-0,321	0,212	-3,55E-2
Lom_F_5_06	1,58	0,891	-0,449	0,107	0,14
Fun_S_5_06	-0,278	2,01	4,12E-2	0,22	-0,351
Fun_M_5_06	-0,246	1,36	-0,477	-8,18E-2	-0,667
Fun_F_5_06	0,44	-0,725	-0,921	-0,854	-0,489
Com_S_5_06	0,985	0,911	-0,461	3,49E-2	0,11
Com_M_5_06	1,07	0,812	-0,408	-3,02E-2	0,286
Com_F_5_06	1,09	0,9	-0,367	-2,84E-2	0,401
Neg_S_5_06	-3,71E-2	0,908	-0,536	-0,109	0,217

Neg_M_5_06	-0,147	1,13	-0,857	-0,49	-1,38E-2
Neg_F_5_06	-0,179	1,31	-0,687	-0,589	-7,93E-2
AC_S_5_06	-2,38	0,997	-2,34	-1,75	-1,46
AC_M_5_06	-2,32	0,967	-2,36	-1,76	-1,41
AC_F_5_06	-2,33	1,08	-2,36	-1,69	-1,49
Cap_S_6_06	1,79	0,796	1,03	0,854	-0,556
Cap_M_6_06	1,79	1,22	0,733	0,835	-0,359
Cap_F_6_06	1,83	1,42	0,116	0,616	-2,46E-2
<i>Principal Component Scores</i>					
Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
Pau_S_6_06	1,94	-0,26	1,43	0,977	-1,11
Cai_S_6_06	2,35	-0,259	6,19E-2	0,219	0,209
Cai_M_6_06	2,28	-1,89E-3	9,64E-2	0,273	0,141
Cai_F_6_06	2,2	0,336	-7,86E-2	0,276	0,157
Ros_S_6_06	2,1	0,617	-0,167	0,356	0,217
Ros_M_6_06	2,09	0,456	-0,492	0,194	0,596
Ros_F_6_06	2,33	-0,539	-0,861	-0,203	0,46
Pei_S_6_06	1,56	1,64	-5,92E-2	0,774	-0,501
AC_S_2_07	-1,92	1,27	-2,29	-1,45	-1,37
AC_M_2_07	-1,86	1,33	-2,24	-1,42	-1,4
AC_F_2_07	-1,75	1,14	-2,3	-1,42	-1,34
Fo_S_3_07	1,34	-5,72E-2	-1,48	0,214	-0,465
Fo_M_3_07	1,86	-0,364	-1,12	-0,451	-2,89E-2
Fo_F_3_07	1,98	-0,546	-1,11	-0,544	0,142
FuC_S_3_07	-1,42	0,732	-0,239	-0,279	0,567
FuC_M_3_07	-3,34	-1,7	-4,55	6,53	-0,669
FuC_F_3_07	-2,31	-1,12	-2,59	3,24	2,85E-2
FuF_S_3_07	-1,7	0,5	-0,698	0,471	0,701
FuF_M_3_07	-1,8	-0,119	-1,11	0,862	0,59
FuF_F_3_07	-1,35	-1,28E-2	-0,465	-0,43	0,975
Sa_S_4_07	-0,265	1,92	-0,623	-0,279	0,134
Sa_M_4_07	-3,46E-2	0,851	-0,808	-0,434	0,173
Sa_F_4_07	-6,03E-2	1,23	-0,651	-0,53	-1,99E-2
Co_S_4_07	-2,27	-1,95	-4,8	7,36	-0,365
Co_M_4_07	-0,157	0,333	-0,243	-0,192	1,01
Co_F_4_07	-0,158	0,352	-0,306	0,129	1,28
Ve_S_4_07	-2,25E-2	0,946	-0,371	-0,245	0,227
Ve_M_4_07	-0,165	0,932	-0,572	-0,482	4,26E-2
Ve_F_4_07	8,98E-2	0,492	-0,566	-0,784	0,234
Az_S_4_07	0,197	0,792	-0,249	-0,501	0,316
Az_M_4_07	0,418	0,76	-0,19	-0,304	0,528
Az_F_4_07	0,473	0,239	-0,41	-0,417	0,391
Ve_S_5_07	-0,584	1,64	0,427	0,469	-0,879
Ve_M_5_07	-0,201	0,374	-0,423	-0,162	-0,485
Ve_F_5_07	0,234	-1,45	-0,898	-0,606	-0,331
Az_S_5_07	2,41E-2	1,41	0,822	0,286	-0,401
Az_M_5_07	0,328	0,689	0,303	-0,133	-7,55E-3
Az_F_5_07	0,48	-1,01	-1,19E-2	-0,872	-0,135
Sa_S_5_07	-0,453	1,74	0,323	-0,142	-0,679

Sa_M_5_07	5,16E-3	0,432	-0,373	-0,765	-0,158
Sa_F_5_07	0,424	-1,17	-0,724	-1,36	6,45E-2
FuC_S_5_07	-2,08	1,87	1,34	0,516	-0,215
FuC_M_5_07	-1,6	0,335	0,682	-0,323	3,58E-2
FuC_F_5_07	-0,998	-1,71	0,264	-1,12	-0,205
FuF_S_5_07	-2,21	2,36	1,4	0,699	-2,12E-3
FuF_M_5_07	-1,86	1,09	0,792	3,93E-2	0,189
FuF_F_5_07	-1,28	-0,956	0,391	-0,731	0,254
FuC_S_6_07	-2,52	0,968	1,27	0,543	-6,77E-2
FuC_M_6_07	-1,86	-0,205	0,736	-0,299	0,124

Principal Component Scores

Sample	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
FuC_F_6_07	-2,3	-1,47	-0,896	1,96	-0,447
FuF_S_6_07	-2,75	0,487	0,594	1,94	-0,557
FuF_M_6_07	-2,16	-0,277	0,595	0,301	-0,243
FuF_F_6_07	-1,88	-0,504	0,478	-9,6E-2	2,43E-2
Ve_S_6_07	-0,443	1,5	0,84	0,345	-1,24
Ve_M_6_07	-4,98E-2	0,381	0,159	-0,449	-0,697
Ve_F_6_07	0,614	-1,97	-0,787	-1,57	-0,39
Az_S_6_07	0,313	0,551	0,9	0,316	-8,73E-2
Az_M_6_07	0,289	0,462	0,449	5,11E-3	-0,288
Az_F_6_07	0,725	-1,3	-0,115	-0,808	-0,177
Cald_S_7_07	1,34	6,75E-3	0,376	0,168	-0,349
Fun_S_7_07	-0,39	1,41	1,77	0,576	-2,02
Fun_M_7_07	0,252	-3,95E-3	-0,499	-0,252	-0,119
Fun_F_7_07	0,608	-1,5	-1,12	-0,498	-0,177
Com_S_7_07	0,782	1,18	0,727	0,91	-0,182
Com_M_7_07	1,01	0,938	-0,146	0,373	0,313
Com_F_7_07	1,07	0,682	-0,354	0,428	0,507
Ras_S_7_07	1,83	-0,519	0,506	0,257	-0,306
Ras_M_7_07	1,94	-0,564	0,355	3,33E-2	-0,248
Ras_F_7_07	2,19	-1,97	-0,711	-0,645	2,42E-2
FuF_S_8_07	-2,22	-1,01	1,4	0,282	-0,492
FuF_M_8_07	-2,1	-0,988	1,3	0,39	-0,48
FuF_F_8_07	-2,12	-0,896	1,42	5,97E-2	-0,498
Sa_S_8_07	-0,688	1,55	1,25	0,151	-1,71
Sa_S_8_07	-0,216	-0,415	-0,212	-1,1	-1,13
Sa_S_8_07	0,348	-2,18	-1,16	-0,892	-0,502
Sa_S_8_07	-0,877	0,896	1,84	0,646	-0,853
Sa_M_8_07	0,355	-1,59	0,327	-0,627	-7,6E-2
Sa_F_8_07	-0,438	-2,94	-1,06	0,59	0,251

Outputs

Plot: Graph7

```

! CAEDYM PARAMETER FILE: Valid for v2.3 only
!-----!
! LIGHT constants *****!
!-----!
!-- Extinction  FractionOfIncidentSW  Bandwidth  !
   1.00000      0.410      : NIR, Near InfraRed
   0.30000      0.450      : PAR, Photosynthetically Active
   1.50000      0.035      : UVA, UV-A Region
   2.50000      0.005      : UVB, UV-B Region
!-----!
! PHYTOPLANKTON constants
*****!
!-----!
! Pmax (/day) : Maximum potential growth rate of phytoplankton  !
   0.60000      ! DINO
   1.00000      ! CYANO
   0.90000      ! NODUL
   0.80000      ! CHLOR
   1.00000      ! CRYPT
   1.30000      ! MDIAT
   1.14000      ! FDIAT
! Ycc (mg C/mg chla) : Average ratio of C to chlorophyll a  !
   300.00000    ! DINO
   40.00000     ! CYANO
   40.00000     ! NODUL
   40.00000     ! CHLOR
   180.00000    ! CRYPT
   40.00000     ! MDIAT
   40.00000     ! FDIAT
!-----!
! Light limitation (2=no photoinhibition, 3=photoinhibition)  !
! algt (no units) : Type of light limitation algorithm  !
   3      ! DINO
   2      ! CYANO
   2      ! NODUL
   2      ! CHLOR
   2      ! CRYPT
   2      ! MDIAT
   2      ! FDIAT
! IK (microE/m^2/s) : Parameter for initial slope of P_I curve  !
   140.00000    ! DINO
   130.00000    ! CYANO
   80.00000     ! NODUL
   100.00000    ! CHLOR
   40.00000     ! CRYPT
   120.00000    ! MDIAT
   60.00000     ! FDIAT
! Ist (uEm^-2s^-1) : Light saturation for maximum production  !
   390.00000    ! Whittington et al 2000 [Stage 1 = 140]
   130.0000     ! Wallace and Hamilton 1999 [Stage 1 = 130]
                                     20.000.000
                                     10.000.000
                                     20.000.000
                                     40.000.000
                                     7.000.000
! Kep (ug chlaL^-1m^-1) : Specific attenuation coefficient  !
   0.01400      ! Whittington et al 2000 [Stage 1 = 0.0067]
   0.01400      !
   0.01400
   0.01400
   0.01400
   0.01400
   0.01400      !
!-----!
! Nutrient Parameters  !
! KP (mg/L) : Half saturation constant for phosphorus  !
   0.00383      ! DINO
   0.00500      ! CYANO
   0.00500      ! NODUL
   0.00300      ! CHLOR
   0.00300      ! CRYPT
   0.00400      ! MDIAT
   0.00500      ! FDIAT
! Po (mg/L) : Low concentrations of PO4 at which uptake ceases  !
   0.00000
   0.00000
   0.00000
   0.00000
   0.00000
   0.00000
   0.00000
! KN (mg/L) : Half saturation constant for nitrogen  !
   0.01980      ! DINO
   0.04500      ! CYANO
   0.04500      ! NODUL
   0.06000      ! CHLOR

```

```

0.04500      ! CRYPT
0.00600      ! MDIAT
0.05000      ! FDIAT
! No (mg/L) : Low concentrations of N at which uptake ceases      !
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
! Sicon (mg Si/mg Chla) : Constant internal Silica concentration      !
0.00000      ! DINO
0.00000      ! CYANO
0.00000      ! NODUL
0.00000      ! CHLOR
0.00000      ! CRYPT
120.00000    ! MDIAT
120.00000    ! FDIAT
! KSi (mg/L) : Half saturation constant for silica      !
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.15000
0.15000
! Sio (mg/L) : Low concentrations of Si at which uptake ceases      !
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.05000
0.01000
! KCa (mg/L) : Half saturation constant for carbon      !
200.000
200.000
200.000
200.000
200.000
200.000
200.000
! INmin (mg N/mg Chla) : Minimum internal N concentration      !
36.0000      ! Istvanovics et al 1994, for C/Chla = 300 [Stage 1 = 3.5]
200.000
200.000
300.000
300.000
300.000
200.000
! INmax (mg N/mg Chla) : Maximum internal N concentration      !
45.0000      ! Istvanovics et al 1994, for C/Chla = 300 [Stage 1 = 12.5]
400.000
400.000
900.000
900.000
900.000
400.000
! UNmax (mg N/mg Chla/day) : Maximum rate of Phytoplankton nitrogen uptake      !
6.300000000      ! [Stage 1 - 2.1]
0.75000E+00
0.75000E+00
0.15000E+01
0.15000E+01
0.15000E+01
0.75000E+00
! IPmin (mg P/mg Chla) : Minimum internal P concentration
1.50000      ! Istvanovics et al 1994, for C/Chla = 300 [Stage 1 = 0.18]
0.10000
0.10000
0.30000
0.30000
0.30000
0.10000
! IPmax (mg P/mg Chla) : Maximum internal P concentration      !
21.0000      ! Istvanovics et al 1994, for C/Chla = 300 [Stage 1 = 0.68]
0.60000
0.60000
200.000
200.000
200.000
0.60000
! UPmax (mg P/mg Chla/day) : Maximum rate of phosphorus uptake      !
0.45000E+00      [Stage 1 - 0.15]
0.10000E+00

```

```

0.10000E+00
0.30000E+00
0.30000E+00
0.30000E+00
0.10000E+00
! ICmin (mg C/mg Chla) : Minimum internal C concentration
4.800.000
1.500.000
1.500.000
1.500.000
1.500.000
1.500.000
1.500.000
! ICmax (mg C/mg Chla) : Maximum internal C concentration !
13.600.000
8.000.000
8.000.000
8.000.000
8.000.000
8.000.000
8.000.000
! UCmax (mg C/mg Chla/day) : Maximum rate of carbon uptake !
2.000.000
5.000.000
5.000.000
5.000.000
5.000.000
5.000.000
5.000.000
! IPcon (mg P/mg Chla) : Constant Internal P ratio if no int P is modelled !
0.30000
0.10000
0.10000
0.30000
0.30000
0.30000
0.10000
! INcon (mg N/mg Chla) : Constant Internal N ratio if no int N is modelled !
300.000
200.000
200.000
300.000
300.000
300.000
200.000
! NFixationRate (mg N/mg Chla /day): Maximum nitrogen fixation rate !
200.000
200.000
200.000
200.000
200.000
200.000
200.000
! gthRedNFix () : Growth rate reduction under maximal N fixation !
100.000
100.000
100.000
100.000
100.000
100.000
100.000
!-----!
! Temperature representation !
! vT (no units) : Temperature multiplier !
106.000
106.000
106.000
106.000
106.000
106.000
106.000
! Tsta (Deg C) : Standard temperature !
2.000.000
2.000.000
2.000.000
-500.000
-640.000
1.600.000
2.000.000
! Topt (Deg C) : Optimum temperature !
2.200.000
2.800.000
270.000
-2.600.000
-2.900.000
2.000.000

```

```

2.500.000
! Tmax (Deg C) : Maximum temperature      !
2.800.000
3.500.000
3.305.000

-0.05000
-0.05000

3.200.000
3.200.000
!-----!
! Respiration mortality and excretion.      !
! kr (/day) : Respiration rate coefficient  !
0.07000
0.08000
0.08000
0.06000
0.2000
0.1100
0.08000
! vR (no units) : Temperature multiplier (no units) !
104.000
103.000
105.000
108.000
108.000
107.000
107.000
! Fraction of respiration relative to total metabolic loss rate !
0.60000E+00 (DINOF) !
0.70000E+00 (CYANO) !
0.70000E+00 (NODUL) !
0.70000E+00 (CHLOR) !
0.70000E+00 (CRYPT) !
0.70000E+00 (MDIAT) !
0.70000E+00 (FDIAT) !
! Fraction of metabolic loss rate that goes to DOM (rest goes to POM) !
0.10000E+00 (DINOF) !
0.70000E+00 (CYANO) !
0.70000E+00 (NODUL) !
1.00000E+00 (CHLOR) !
1.00000E+00 (CRYPT) !
1.00000E+00 (MDIAT) !
0.70000E+00 (FDIAT) !
!-----!
! Salinity limitation      !
! maxSP (psu) : Maximum potential salinity      !
36.00000 dinoflagellates
36.00000 f'water cyanobacteria
36.00000 nodularia
36.00000 chlorophytes
36.00000 cryptophytes
36.00000 marine diatoms
36.00000 f'water diatoms
! phsal (no units) : Type of water environment      !
0
0
0
0
0
0
0
0
! Sop (psu) : Minimum bound of salinity tolerance      !
1.800.000
300.000
2.800.000
1.400.000
2.000.000
100.000
100.000
! Bep (no units) : Salinity limitation value at S=0 and S=maxSP      !
100.000
300.000
200.000
250.000
200.000
500.000
500.000
! Aep (no units) : Salinity limitation value at S=Sop      !
100.000
100.000
100.000
100.000
100.000
100.000
100.000
!-----!

```

```

! Vertical migration and settling (0-stokes, 1-constant, 2-motile 3-motile)
! phvel (no units) : Type of vertical migration algorithm
!
3
1
1
1
1
1
1
! c1 (kgm^-3min^-1) : Rate coefficient for density increase
!
0.90000 dinoflagellates
0.124000 Microcystis aeruginosa (Wallace and Hamilton - 1999)
0.90000 nodularia
0.90000 chlorophytes
0.90000 cryptophytes
0.90000 marine diatoms
0.90000 f'water diatoms
! c3 (kgm^-3min^-1) : Minimum rate of density decrease with time
!
0.04150 dinoflagellates
0.02300 cyano
0.04150 nodularia
0.04150 chlorophytes
0.04150 cryptophytes
0.04150 marine diatoms
0.04150 f'water diatoms
! c4 (mhr^-1) : Rate for light dependent migration velocity
!
0.60000 ! Whittington et al 2000 [Stage 1 = 2.5?]
0.30000 f'water cyanobacteria
0.30000 nodularia
0.30000 chlorophytes
0.85000 cryptophytes
0.85000 marine diatoms
0.85000 f'water diatoms
! c5 (mhr^-1) : Rate for nutrient dependent migration velocity
!
0.60000 ! Whittington et al 2000 [Stage 1 = 0.2?]
0.30000 f'water cyanobacteria
0.65000 nodularia
0.30000 chlorophytes
0.65000 cryptophytes
0.65000 marine diatoms
0.65000 f'water diatoms
! lKm (uEm^-2s^-1) : Half saturation constant for density increase
!
2.600.000
278.00000 Visser et al 1997
2.500.000
2.500.000
2.500.000
2.500.000
2.500.000
! min_pd (kg/m^3) : Minimum phytoplankton density
!
980.00000 dinoflagellates
990.00000 f'water cyanobacteria
980.00000 nodularia
980.00000 chlorophytes
980.00000 cryptophytes
980.00000 marine diatoms
980.00000 f'water diatoms
! max_pd (kg/m^3) : Maximum phytoplankton density
!
1050.00000 dinoflagellates
1002.00000 f'water cyanobacteria
1050.00000 nodularia
1025.00000 chlorophytes
1050.00000 cryptophytes
1050.00000 marine diatoms
1025.00000 f'water diatoms
! pw20 (kgm^-3) : Density of water at 20 deg C
!
100.000.000
! dia (m) : Diameter of phytoplankton
!
0.50000E-04
0.50000E-04
0.50000E-04
0.80000E-05
0.10000E-04
0.10000E-04
0.10000E-04
! ws (ms^-1) : Constant settling velocity
!
0.00000E+00
-0.23000E-06
-0.12000E-06
-0.23000E-06
-0.23000E-06
-0.60000E-06
-0.12000E-05
! oth (mg O/L) : DO threshold which motile phytos will not migrate below
!
1,00E+05
0.00000E+00

```

```

0.00000E+00
0.00000E+00
0.00000E+00
0.00000E+00
0.00000E+00
!-----!
! Resuspension !
! tcpy (N/m^2) : Critical shear stress !
0.02000 dinoflagellates
0.00100 f'water cyanobacteria
0.00100 nodularia
0.00100 chlorophytes
0.00100 cryptophytes
0.00100 marine diatoms
0.00100 f'water diatoms
! alpPy (mg Chla/m^2/s) : Resuspension rate constant !
0.008
! KTPy (mg Chla/m^2) : Controls rate of resuspension !
0.00000 dinoflagellates
0.01000 f'water cyanobacteria
0.01000 nodularia
0.01000 chlorophytes
0.01000 cryptophytes
0.01000 marine diatoms
0.01000 f'water diatoms
! DTphy (days) : Phytoplankton sediment survival time !
200.000
200.000
200.000
200.000
200.000
200.000
200.000
!-----!
! Algal toxin and metabolite dynamics !
! IXmin (mg/L (mg Chla/L)^-1) : Internal metabolite conc when growth is zero !
0.00000
0.20000
0.20000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
! IXmax (mg/L (mg Chla/L)^-1) : Internal metabolite conc when growth is Pmax !
0.00000
200.000
200.000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
! mX : Temperature decay constant for metabolites !
0.00000
0.01000
0.01000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
!-----!
! JELLYFISH constants !
!-----!
! Jmax (/day) : Maximum potential growth rate of jellyfish !
0.40000
! Ycj (mg C/mg medusae) : Carbon meduase ratio !
0.00400
!-----!
! Temperature representation !
! vT (no units) : Temperature multiplier !
108.000
! Tsta (Deg C) : Standard temperature !
2.000.000
! Topt (Deg C) : Optimum temperature !
3.300.000
! Tmax (Deg C) : Maximum temperature !
3.900.000
!-----!
! Salinity limitation !
! Sop (psu) : Minimum bound of salinity tolerance !
2.500.000
! Bep (no units) : Salinity limitation value at S=0 and S=maxSP !
2.700.000
! Aep (no units) : Salinity limitation value at S=Sop !
100.000
!-----!
! Light limitation. !

```

```

! algt (no units) : Type of light limitation algorithm          !
2
! IK (microE/m^2/s) : Parameter for initial slope of P-I curve !
9.000.000
! IST (uEm^-2s^-1) : Light saturation for maximum production !
9.000.000
!-----!
! Nutrient limitation          !
! KP (mg/L) : Half saturation constant for phosphorus          !
0.01000
! Po (mg/L) : Low concentrations of PO4 at which uptake ceases !
0.00000
! KN (mg/L) : Half saturation constant for nitrogen          !
0.02500
! No (mg/L) : Low concentrations of N at which uptake ceases !
0.00000
!-----!
! Respiration mortality and excretion.          !
! krj (/day) : Respiration rate coefficient          !
0.10000
! ke (/day) : Excretion rate coefficient          !
0.10000
! fres: fraction of respiration that is respiration
0.80000E+00 (JELY1+phyg)          !
! KBODj (mg BOD/L) : Half saturation constant for organic nutrition !
200.000
! vuk (m/s) : Upward swimming velocity constant          !
0.01000
! vdk (m/s) : Downward sinking velocity constant          !
0.00000
!-----!
! ZOOPLANKTON constants          !
!-----!
! az(no units) : messy feeding; portion of food that actually reaches the mouth!
0.38000 ! ZOOP1
0.8500 ! ZOOP2
0.7500 ! ZOOP3
0.7500 ! ZOOP4
0.6500 ! ZOOP5
!-----!
! Respiration mortality and excretion.          !
! Unused (no units)
0.20000
! krz (/day) : Respiration rate coefficient          !
0.300 ! ZOOP1
0.2500 ! ZOOP2
0.2200 ! ZOOP3
0.400 ! ZOOP4
0.4400 ! ZOOP5
! kmz (/day) : Mortality rate coefficient          !
0.06000
0.08000
0.05000
0.05000
0.05000
! kfz ( - ) : Fecal Pellet Fraction of Grazing          !
0.20000
0.20000
0.05000
0.10000
0.10000
! kez ( - ) : Excretion Fraction of Grazing          !
0.06000
0.08000
0.15000
0.05000
0.05000
!-----!
! INZcon
0.13000 ! Ecological Stoichiometry pg 139 fig 4.2
0.17000
0.14000
0.14000
0.14000
! IPZcon
0.00500 ! Ecological Stoichiometry pg 139 fig 4.2
0.00900
0.00700
0.00700
0.00700
!-----!
! Salinity limitation          !
! Smxz (psu) : Maximum salinity, or optimum salinity for SIZE5 !
5.000.000
5.000.000
2.800.000

```


	2.800.000
	2.700.000
! Smnz (psu) : Minimum salinity	!
0.00000	
0.00000	
	600.000
	600.000
0.00000	
! Bez (no units) : Salinity intercept (for S=0)	!
0.00000	
0.00000	
	200.000
	200.000
	200.000
!-----!	
! Dissolved oxygen limitation	!
! DOMz (mg/L) : Minimum DO tolerance	!
1.50000 ! ZOOP1	
0.50000 ! ZOOP2	
2.00000 ! ZOOP3	
1.50000 ! ZOOP4	
0.00000 ! ZOOP5	
!-----!	
! Temperature representation	!
! vT (no units) : Temperature multiplier	!
	112.000
	120.000
	113.000
	111.000
	111.000
! Tsta (Deg C) : Standard temperature	!
	2.000.000
	2.000.000
	2.000.000
	2.000.000
	2.000.000
! Topt (Deg C) : Optimum temperature	!
	2.700.000
	3.000.000
	2.800.000
	2.800.000
	280.000
! Tmax (Deg C) : Maximum temperature	!
	3.500.000
	3.600.000
	3.400.000
	3.200.000
	3.400.000
!-----!	
! Grazing	!
! ki (g phyto C/m^3)/(g zoo C/m^3)/day) : Grazing rate	!
	150.000
0.5400	
0.5800	
0.8000	
	10.800
! vZ (no units) : Grazing temperature dependence	!
	110.000
	11.200
	11.000
	11.500
	110.000
!-----!	
! PzPHY (no units) : Preference of zooplankton for phytoplankton	!
0.00000 ! ZOOP1 on 1	
0.00000 ! ZOOP2 on 1	
0.00000 ! ZOOP3 on 1	
0.04000 ! ZOOP4 on 1	
0.04000 ! ZOOP5 on 1	
0.00000 ! ZOOP1 on 2	
2.00000 ! ZOOP2 on 2	
0.05000 ! ZOOP3 on 2	
0.00000 ! ZOOP4 on 2	
0.00000 ! ZOOP5 on 2	
0.00000 ! ZOOP1 on 3	
0.00000 ! ZOOP2 on 3	
0.00000 ! ZOOP3 on 3	
0.00000 ! ZOOP4 on 3	
0.00000 ! ZOOP5 on 3	
0.00000 ! ZOOP1 on 4	
0.35000 ! ZOOP2 on 4	
0.50000 ! ZOOP3 on 4	
0.40000 ! ZOOP4 on 4	
0.40000 ! ZOOP5 on 4	
0.00000 ! ZOOP1 on 5	
0.00000 ! ZOOP2 on 5	
0.00000 ! ZOOP3 on 5	

```

0.00000 ! ZOOP4 on 5
0.00000 ! ZOOP5 on 5
0.00000 ! ZOOP1 on 6
0.00000 ! ZOOP2 on 6
0.00000 ! ZOOP3 on 6
0.00000 ! ZOOP4 on 6
0.00000 ! ZOOP5 on 6
0.00000 ! ZOOP1 on 7
0.00000 ! ZOOP2 on 7
0.00000 ! ZOOP3 on 7
0.00000 ! ZOOP4 on 7
0.00000 ! ZOOP5 on 7
! PzZOO (no units) : Preference of zooplankton for zooplankton !
0.00000 ! ZOOP1 on 1
0.00000 ! ZOOP2 on 1
0.00000 ! ZOOP3 on 1
0.00000 ! ZOOP4 on 1
0.00000 ! ZOOP5 on 1
0.00000 ! ZOOP1 on 2
0.10000 ! ZOOP2 on 2
0.00000 ! ZOOP3 on 2
0.00000 ! ZOOP4 on 2
0.00000 ! ZOOP5 on 2
0.00000 ! ZOOP1 on 3
0.12500 ! ZOOP2 on 3
0.00000 ! ZOOP3 on 3
0.00000 ! ZOOP4 on 3
0.00000 ! ZOOP5 on 3
0.00000 ! ZOOP1 on 4
0.12500 ! ZOOP2 on 4
0.00000 ! ZOOP3 on 4
0.00000 ! ZOOP4 on 4
0.00000 ! ZOOP5 on 4
0.00000 ! ZOOP1 on 5
0.10000 ! ZOOP2 on 5
0.05000 ! ZOOP3 on 5
0.01000 ! ZOOP4 on 5
0.00000 ! ZOOP5 on 5
! PzPOC (no units) : Preference of zooplankton for detritus(POC)
0.00000 ! ZOOP1 on POC (Labile)
0.05000 ! ZOOP2 on POC (Labile)
0.05000 ! ZOOP3 on POC (Labile)
0.06000 ! ZOOP4 on POC (Labile)
0.06000 ! ZOOP5 on POC (Labile)
0.00000 ! ZOOP1 on POC (Refractory)
0.05000 ! ZOOP2 on POC (Refractory)
0.05000 ! ZOOP3 on POC (Refractory)
0.06000 ! ZOOP4 on POC (Refractory)
0.06000 ! ZOOP5 on POC (Refractory)
! PzBAC (no units) : Preference of zooplankton for bacterial
0.00000
0.10000
0.25000
0.40000
0.42000
! Kj (g C/m^3) : Half saturation constant for grazing !
0.24000
0.06000
0.0600
0.1500
0.1800
! HardorSoft (no units) : Faecal Pellet status (ie fraction that goes to seds)
0.00000
0.95000
0.00000
0.00000
0.00000
! minres (mg/L) : Minimum grazing limit
0.10000 on Phyto
0.05000 on Zoop
0.05000 on POM
0.02000 on Bac
0.00000 ! ** this value is not used
!-----!
! FISH constants !
!-----!
! aF(no units) : messy feeding; portion of food that actually reaches the mouth!
0.88000 !FISH1
0.8500 !FISH2
0.7500 !FISH3
!-----!
! Respiration mortality and excretion. !
! krF (/day) : Respiration rate coefficient !
0.1000
0.2500
0.2200

```

```

! kmF (/day) : Mortality rate coefficient      !
0.05000
0.05000
0.05000
! kFF ( - ) : Fecal Pellet Fraction of Grazing      !
0.05000
0.10000
0.10000
! keF ( - ) : Excretion Fraction of Grazing      !
0.05000
0.05000
0.05000
!-----
! INFcon
0.13000
0.17000
0.14000
! IPFcon
0.00500
0.00900
0.00700
!-----
! Salinity limitation      !
! SmxF (psu) : Maximum salinity      !
2.800.000
2.800.000
2.700.000
! SmnF (psu) : Minimum salinity      !
0.00000
600.000
0.00000
! BeF (no units) : Salinity intercept (for S=0)      !
200.000
200.000
200.000
!-----
! Dissolved oxygen limitation      !
! DOmF (mg/L) : Minimum DO tolerance      !
1.00000 !
1.50000 !
0.00000
! KDOF (mg/L) : DO dependence half-sat      !
1.00000 !
1.50000 !
0.00000
!-----
! Temperature representation      !
! vT (no units) : Temperature multiplier      !
113.000
111.000
111.000
! Tsta (Deg C) : Standard temperature      !
2.000.000
2.000.000
2.000.000
! Topt (Deg C) : Optimum temperature      !
2.800.000
2.800.000
280.000
! Tmax (Deg C) : Maximum temperature      !
3.400.000
3.200.000
3.400.000
!-----
! Grazing      !
! kiF (g food C/m^3)/(g fish C/m^3)/day) : Grazing rate      !
0.5800
0.8000
10.800
! vF (no units) : Grazing temperature dependence      !
11.000
11.500
110.000
! PfPHY (no units) : Preference of fish for phytoplankton      !
0.10000 ! FISH1 on 1
0.00000 ! FISH2 on 1
0.00000 ! FISH3 on 1
0.10000 ! FISH1 on 2
0.00000 ! FISH2 on 2
0.05000 ! FISH3 on 2
0.00000 ! FISH1 on 3
0.00000 ! FISH2 on 3
0.00000 ! FISH3 on 3
0.00000 ! FISH1 on 4
0.35000 ! FISH2 on 4
0.50000 ! FISH3 on 4

```

```

0.00000 ! FISH1 on 5
0.00000 ! FISH2 on 5
0.00000 ! FISH3 on 5
0.00000 ! FISH1 on 6
0.00000 ! FISH2 on 6
0.00000 ! FISH3 on 6
0.40000 ! FISH1 on 7
0.00000 ! FISH2 on 7
0.00000 ! FISH3 on 7
! PfZOO (no units) : Preference of fish for zooplankton !
0.00000 ! FISH1 on 1
0.00000 ! FISH2 on 1
0.00000 ! FISH3 on 1
0.00000 ! FISH1 on 2
0.10000 ! FISH2 on 2
0.00000 ! FISH3 on 2
0.00000 ! FISH1 on 3
0.12500 ! FISH2 on 3
0.00000 ! FISH3 on 3
0.00000 ! FISH1 on 4
0.12500 ! FISH2 on 4
0.00000 ! FISH3 on 4
0.00000 ! FISH1 on 5
0.10000 ! FISH2 on 5
0.05000 ! FISH3 on 5
! PfFSH (no units) : Preference of fish for other fish !
0.20000 ! FISH1 on 1
0.00000 ! FISH2 on 1
0.00000 ! FISH3 on 1
0.00000 ! FISH1 on 2
0.00000 ! FISH2 on 2
0.00000 ! FISH3 on 2
0.00000 ! FISH1 on 3
0.02500 ! FISH2 on 3
0.00000 ! FISH3 on 3
! PfPOC (no units) : Preference of fish for detritus (POC/POM)
0.10000 ! FISH1 on L
0.00000 ! FISH2 on L
0.00000 ! FISH3 on L
0.00000 ! FISH1 on R
0.00000 ! FISH2 on R
0.00000 ! FISH3 on R
! PfINV (no units) : Preference of fish for macroinvertebrates !
0.00000 ! FISH1 on 1
0.00000 ! FISH2 on 1
0.00000 ! FISH3 on 1
0.00000 ! FISH1 on 2
0.00000 ! FISH2 on 2
0.00000 ! FISH3 on 2
0.00000 ! FISH1 on 3
0.00000 ! FISH2 on 3
0.00000 ! FISH3 on 3
! PfMAC (no units) : Preference of fish for macroalgae !
0.00000 ! FISH1 on 1
0.00000 ! FISH2 on 1
0.00000 ! FISH3 on 1
0.00000 ! FISH1 on 2
0.00000 ! FISH2 on 2
0.00000 ! FISH3 on 2
0.00000 ! FISH1 on 3
0.00000 ! FISH2 on 3
0.00000 ! FISH3 on 3
0.00000 ! FISH1 on 4
0.00000 ! FISH2 on 4
0.00000 ! FISH3 on 4
! PzBAC (no units) : Preference of fish for bacteria
0.00000 !
0.00000 !
0.00000 !
! PzSEA (no units) : Preference of fish for seagrass/macrophyte
0.00000 !
0.00000 !
0.00000 !
! Kj (g C/m^3) : Half saturation constant for grazing !
0.1600 !
0.1500 !
0.1800 !
! HardorSoft (no units) : Faecal Pellet status (ie fraction that goes to seds)
0.20000 !
0.00000 !
0.00000 !
! minres (mg/L) : Minimum grazing limit
0.10000 on Phyto
0.05000 on Zoop
0.05000 on other (Fish/Inv/Mac/Bac)
! IkF (uE/m2) : Half sat for 'light' (ie bird) predation

```

```

0.1500E+07          (high values mean no bird predation)
0.1500E+07
0.1500E+07
!-----!
! Recruitment & Spawning          !
! Krecruit (/day)                  !
0.20000 !
0.00000 !
0.00000 !
! Kspawn (/day)                    !
0.20000 !
0.00000 !
0.10000 !
! fishletDensity (# offspring/g C) !
2.20000 !
2.00000 !
2.00000 !
! jd Spawning Days (inclusive)     !
009.00000 ! JD of Spawning Start
015.00000 ! JD of Spawning End
!-----!
! SEAGRASS constants              !
!-----!
! Yes (no units) : Ration of epiphyte C to seagrass C          !
100.000
! Vmax (/day) : Maximum growth rate                             !
0.12500
!-----!
! Light limitation          !
! IK (microE/m^2/s) : Parameter for initial slope of P-I curve !
12.000.000
! ISt (uEm^-2s^-1) : Light saturation for maximum production !
9.000.000
!-----!
! Respiration          !
! kb (/day) : Respiration rate coefficient          !
0.01250
! vB (no units) : Temperature multiplier           !
108.000
!-----!
! Salinity limitation          !
! Sop (psu) : Minimum bound of salinity tolerance          !
2.600.000
! Bep (no units) : Salinity limitation value at S=0 and S=2 x Sop !
511.600
! Aep (no units) : Salinity limitation value at S=Sop          !
0.58200
!-----!
! Temperature representation          !
! vT (no units) : Temperature multiplier           !
108.000
! Tsta (Deg C) : Standard temperature          !
2.000.000
! Topt (Deg C) : Optimum temperature          !
2.500.000
! Tmax (Deg C) : Maximum temperature          !
3.000.000
!-----!
! MACROALGAE constants *****!
!-----!
! Vmax (/day) : Maximum growth rates          !
0.35000
0.30000
0.30000
0.30000
! Ycc (mg C/mg chla) : Average ratio of C to chlorophyll a          !
5.000.000
5.000.000
5.000.000
5.000.000
!-----!
! Light limitation.          !
! algt (no units) : Type of light limitation algorithm          !
2
2
2
2
! IK (microE/m^2/s) : Parameter for initial slope of P-I curve !
9.000.000
9.000.000
9.000.000
9.000.000
! ISt (uEm^-2s^-1) : Light saturation for maximum production !
9.000.000
9.000.000
9.000.000

```

	9.000.000	
! Hmac (m/(gm ²)) : Conversion macroalgae biomass to height		!
0.01000		
0.01000		
0.01000		
0.01000		
! Kmac (g C/m ² /m) : Specific light attenuation coefficients		!
	100.000	
	300.000	
	300.000	
	300.000	
!-----!		
! Nutrient limitation		!
! KP (mg/L) : Half saturation constant for phosphorus		!
0.01000		
0.01000		
0.01000		
0.01000		
! Po (mg/L) : Low concentrations of PO ₄ at which uptake ceases		!
0.00000		
0.00000		
0.00000		
0.00000		
! KN (mg/L) : Half saturation constant for nitrogen		!
0.05000		
0.05000		
0.05000		
0.05000		
! No (mg/L) : Low concentrations of N at which uptake ceases		!
0.00000		
0.00000		
0.00000		
0.00000		
! INmin (mg N/mg Chla) : Minimum internal N concentration		!
0.00500		
0.00500		
0.00500		
0.00500		
! INmax (mg N/mg Chla) : Maximum internal N concentration		!
0.02000		
0.02000		
0.02000		
0.02000		
! UNmax (mg N/mg C/day) : Maximum rate of Macroalgae nitrogen uptake		!
0.20000E-02		
0.20000E-02		
0.20000E-02		
0.20000E-02		
! IPmin (mg P/mg Chla) : Minimum internal P concentration		!
	100.000	
	100.000	
	100.000	
	100.000	
! IPmax (mg P/mg Chla) : Maximum internal P concentration		!
0.00000		
0.00000		
0.00000		
0.00000		
! UPmax (mg P/mg C/day) : Maximum rate of phosphorus uptake		!
0.13000E-03		
0.10000E-03		
0.10000E-03		
0.10000E-03		
!-----!		
! Temperature representation		!
! vT (no units) : Temperature multiplier		!
	108.000	
	108.000	
	108.000	
	108.000	
! Tsta (Deg C) : Standard temperature		!
	2.000.000	
	2.000.000	
	2.000.000	
	2.000.000	
! Topt (Deg C) : Optimum temperature		!
	3.300.000	
	3.300.000	
	3.300.000	
	3.300.000	
! Tmax (Deg C) : Maximum temperature		!
	3.900.000	
	3.900.000	
	3.900.000	
	3.900.000	
!-----!		

```

! Salinity limitation
! Sop (psu) : Minimum bound of salinity tolerance
2.500.000
2.500.000
2.500.000
2.500.000
! Bep (no units) : Salinity limitation value at S=0 and S=2 x Sop
200.000
200.000
200.000
200.000
! Aep (no units) : Salinity limitation value at S=Sop
100.000
100.000
100.000
100.000
!-----!
! Respiration
! kb (/day) : Respiration rate coefficient
0.07000
0.07000
0.07000
0.07000
! vB (no units) : Temperature multiplier for respiration
108.000
108.000
108.000
108.000
! fres: fraction of loss that is respiration
0.80000E+00
0.80000E+00
0.80000E+00
0.80000E+00
!-----!
! Grazing
! PCm (no units) : Preference of crustaceans grazing on macroalgae
0.20000
0.20000
0.20000
0.20000
!-----!
! CLAM / MUSSEL constants *****!
!-----!
! IZ (g C consumed/(g clam. C)/day) : Maximum consumption rate
0.00000
0.20000
0.00000
! KIZ (g C/m^3) : Half saturation constant for grazing
0.10000
0.10000
0.10000
! KDOI (mg/L) : Half saturation for dissolved oxygen limitation
0.00000
0.00000
0.00000
! BDOI (no units) : Basal respiration increase from DO limitation
0.00000
0.00000
0.00000
!-----!
! Salinity limitation
! Minimum salinity tolerance for bivalves
0.10000
! Maximum salinity tolerance for bivalves
3.500.000
! Sop (psu) : Minimum bound of salinity tolerance
800.000
800.000
2.500.000
! Bep (no units) : Salinity limitation value at S=0 and S=2 x Sop
200.000
200.000
200.000
! Aep (no units) : Salinity limitation value at S=Sop
100.000
100.000
100.000
!-----!
! Respiration
! kb (/day) : Respiration rate coefficient
0.10000
0.10000
0.08000
! km (/day) : Mortality rate coefficient
0.10000
0.10000

```

```

0.08000
! ke (/day) : Egestion fraction of grazing      !
0.20000
0.20000
0.20000
! vB (no units) : Temperature multiplier      !
108.000
108.000
108.000
!-----!
! MACROINVERTABRATE constants *****!
!-----!
! IZ (g C consumed/(g invert. C)/day) : Maximum consumption rate      !
0.00000
0.00000
0.00000
! KIZ (g C/m^3) : Half saturation constant for grazing      !
0.00000
0.00000
0.00000
! KDOI (mg/L) : Half saturation for dissolved oxygen limitation      !
0.00000
0.00000
0.00000
! BDOi (no units) : Basal respiration increase from DO limitation      !
0.00000
0.00000
0.00000
!-----!
! Salinity limitation      !
! Sop (psu) : Minimum bound of salinity tolerance      !
800.000
800.000
2.500.000
! Bep (no units) : Salinity limitation value at S=0 and S=2 x Sop      !
200.000
200.000
200.000
! Aep (no units) : Salinity limitation value at S=Sop      !
100.000
100.000
100.000
!-----!
! Respiration      !
! kb (/day) : Respiration rate coefficient (Angeline Ngo 23/08/2000)
0.10000
0.10000
0.08000
! vB (no units) : Temperature multiplier      !
108.000
108.000
108.000
!-----!
! COLOUR / TRACER constants *****!
!-----!
0.00000   decr (/day) : Decay rate for colour/tracer      !
!-----!
! DISSOLVED OXYGEN constants *****!
!-----!
1.05000   vOP   (no units) : Temperature multiplier for SOD      !
50.00000   PCmax (g/m^2) : Maximum limit of polychaete biomass      !
2.66667   YOC   (mg C/mg O) : Respiration stoichiometric ratio of C to O2!
0.10000   fox   (no units) : Frac of net DO allocated to seagrass roots !
2.66667   YSG   (mg seagC/mg O) : Stoichiometric factor, seagrass C : DO !
2.66667   YOJ   (mg jelC/mg O) : Stoichiometric factor, jellyfish C : DO !
0.1000   oxmin (mg/L) : Minimum DO in the bottom layer (mg/L)      !
0.6500   rSOs   (g/m^2/day) : Static sediment exchange rate (0.3)!(0.2)? !
0.50000   KSOs   (mg O/L) : 1/2 sat constant for static DO sediment flux !
0.01400   prc   (no units) : Photo-respiration phytoplankton DO loss !
!-----!
! BACTERIA constants *****!
!-----!
! KDOB : Half sat const for DO dependence of POM/DOM decomposition (mg/L) !
3.0       : Water Col   (was 12.5??)      !
2.5       : Sediment      !
! fanB : aerobic/anaerobic factor      !
0.3       : Water Col   (was 0.03)      !
0.3       : Sediment      !
! Temperature representation for bacteria      !
! vT (no units) : Temperature multiplier      !
1.06000   (was 1.08 02-10-03, but couldn't solve)      !
! Tsta (Deg C) : Standard temperature      !
20.00000      !
! Topt (Deg C) : Optimum temperature      !
28.00000   (was 29 02-10-03, but couldn't solve)      !
! Tmax (Deg C) : Maximum temperature      !

```



```

35.00000      (was 33 02-10-03, but couldn't solve)      !
!-----!
! Respiration of Bacteria      !
0.01000      krB (/day)      : Water Column      !
0.00500      krBs (/day)      : Sediment      !
! Bacterial Excretion of DOC      !
0.20000      kexB (/day)      : Water Column      !
0.00000      kexBs (/day)      : Sediment      !
! Half sat const for bacteria function f(BAC)      !
0.50000      kOCB (/day)      : Water Column      !
0.00000      kOCBs (/day)      : Sediment      !
! Bacterial "grazing" preferences (decimal %), should total 1.0      !
! PbPOM      !
0.75000      1 - LABILE      !
0.05000      2 - REFRAC      !
! PbDOM      !
0.15000      1 - LABILE      !
0.05000      2 - REFRAC      !
!-----!
! C, N & P CYCLE Constants *****!
!-----!
! ORGANIC PARTICLES (POM) -----!
0.0100      POC1max (/day)      : Max transfer of POCL->DOCL      !
0.0005      POC2max (/day)      : Max transfer of POCR->DOCR      !
0.0100      POP1max (/day)      : Max transfer of POPL->DOPL      !
0.0005      POP2max (/day)      : Max transfer of POPR->DOPR      !
0.0100      PON1max (/day)      : Max transfer of PONL->DONL      !
0.0005      PON2max (/day)      : Max transfer of PONR->DONR      !
! POMDiameter (m)      : Diameter of POM particles      !
1.00000E-05      ! POM1 (eg. LABILE)      !
5.00000E-05      ! POM2 (eg. REFRACTORY)      !
! POMDensity (kg/m^3)      : Density of POM particles      !
0.10500E+04      ! POM1 (eg. LABILE)      !
0.10500E+04      ! POM2 (eg. REFRACTORY)      !
! tcPOM (N/m^2)      : Critical shear stress for respn      !
0.0020      ! POM1 (eg. LABILE)      !
0.0100      ! POM2 (eg. REFRACTORY)      !
! KePOC (mg/L/m)      : Specific attenuation coefficient of POC      !
0.02000E+00      ! POC1 (eg. LABILE)      !
0.02000E+00      ! POC2 (eg. REFRACTORY)      !
!-----!
! DISSOLVED ORGANICS (DOM)      !
0.003      DOC1max (/day)      : Max mineralisation of DOCL->DIC      !
0.0005      DOC2max (/day)      : Max mineralisation of DOCR->DIC      !
0.01      DOP1max (/day)      : Max mineralisation of DOPL->PO4      !
0.0005      DOP2max (/day)      : Max mineralisation of DOPR->PO4      !
0.003      DON1max (/day)      : Max mineralisation of DONL->NH4      !
0.0005      DON2max (/day)      : Max mineralisation of DONR->NH4      !
! KeDOC (mg/L/m)      : Specific attenuation coefficient of DOC      !
0.01000E+00      ! DOC1 (eg. LABILE)      !
0.01000E+00      ! DOC2 (eg. REFRACTORY)      !
! Salinity bounds for DOCr flocculation      !
1.0000      Smindoc      !
10.000      Smaxdoc      !
! kfloc: flocculation rate constant      !
0.50000      !
! kSWNP: Rate of DOCr Photolytic Decay      !
0.30000      !
!-----!
! DISSOLVED INORGANICS      !
! Ionic Strength (required for DIC & pH calculation)      !
0.00150      Ionic Strength (g/m3)      !
! Adsorption/Desorption      !
0.00000      Kadd1NH4      !
0.00000      Kadd2NH4      !
0.00000      Kadd1PO4      !
0.00000      Kadd2PO4      !
! Nitrification/Denitrification      !
1.08000      vN2 (-)      : Temp multiplier for denitrification      !
0.01000      koN2 (/day)      : Denitrification rate coefficient      !
0.50000      KN2 (mg/L)      : Half sat const for denitrification      !
1.08000      vON (-)      : Temp multiplier for nitrification      !
0.05000      koNH (/day)      : Nitrification rate coefficient      !
2.00000      KOn (mg O/L)      : Half sat constant for nitrification      !
3.42857      YNH (mg N/mg O)      : Ratio of O2 to N for nitrification      !
!-----!
! SEDIMENT PARAMETERS      !
! NUTRIENT FLUXES      !
! Theta(sed)      : Temp multiplier of sediment fluxes      !
1.05      !
! PO4 sediment flux parameters      !
0.00580      SmpPO4 (g/m2/day)      : Release rate of PO4      0.00260      !
0.50000      KDOS-PO4 (g/m^3)      : Controls sed release of PO4 via O      !
1000000.0      KpHS-PO4 (-)      : Controls sed release of PO4 via pH      !
! NH4 sediment flux parameters      !
0.03000      SmpNH4 (g/m2/day)      : Release rate of NH4      0.01900      !

```

```

0.50000      KDOS-NH4 (g/m^3) : Controls sed release of NH4 via O !
1000000.0    KpHS-NH4 (-)    : Controls sed release of NH4 via pH !
! NO3 sediment flux parameters !
-0.02000     SmpNO3 (g/m2/day) : Release rate of NO3 -0.010 !
0.50000      KDOS-NO3 (g/m^3) : Controls sed release of NO3 via O !
1000000.0    KpHS-NO3 (-)    : Controls sed release of NO3 via pH !
! Si sediment flux parameters !
0.03850      SmpSi (g/m2/day) : Release rate of Si !
0.50000      KDOS-Si (g/m^3)  : Controls sed release of Si via O !
1000000.0    KpHS-Si (-)     : Controls sed release of Si via pH !
! DOC sediment flux parameters !
0.09200      SmpdocL (g/m2/day): Release rate of DOCL !
0.00100      SmpdocR (g/m2/day): Release rate of DOCR !
0.50000      KDOS-doc (g/m^3) : Controls sed release of DOC via O !
1000000.0    KpHS-doc (-)    : Controls sed release of DOC via pH !
! DOP sediment flux parameters !
0.00001      SmpdopL (g/m2/day): Release rate of DOPL !
0.00001      SmpdopR (g/m2/day): Release rate of DOPR !
0.50000      KDOS-dop (g/m^3) : Controls sed release of DOP via O !
1000000.0    KpHS-dop (-)    : Controls sed release of DOP via pH !
! DON sediment flux parameters !
0.00001      SmpdonL (g/m2/day): Release rate of DONL !
0.00001      SmpdonR (g/m2/day): Release rate of DONR !
0.50000      KDOS-don (g/m^3) : Controls sed release of DON via O !
1000000.0    KpHS-don (-)    : Controls sed release of DON via pH !
!-- Sediment composition !
! Fraction of sediment that is organics !
0.18         sedOrganicFrac !
! Sediment Porosity (i.e. porewater fraction) !
0.90         sedPorosity !
! Composite resuspension rate (g/m2/day) !
0.020        resusRate !
! Half sat conc for resus dependence on sed mass (g) !
1.0          resusKT !
!-----!
! INORGANIC PARTICLE constants *****!
!-----!
! Density of suspended solid particles !
0.24390E+04   deS (kg/m^3) : SSOL1 !
0.24390E+04   deS (kg/m^3) : SSOL2 !
! Diameter of suspended solids groups !
3.00000E-06   diaSS (m) : SSOL1 !
1.00000E-05   diaSS (m) : SSOL2 !
! Specific attenuation coefficient !
0.05000E+00   KeSS (mg^-1Lm^-1) : SSOL1 !
0.05000E+00   KeSS (mg^-1Lm^-1) : SSOL2 !
! Critical shear stress !
0.02000E+00   tcs (N/m2) : SSOL1 !
0.05000E+00   tcs (N/m2) : SSOL2 !
!-----!
! IRON constants *****!
!-----!
1.05000        vFeR (-) : Temp multiplier for reduction !
0.03000        kFeR (/day) : Maximum reduction rate !
0.50000        K_FeR (mg/L) : Half saturation for reduction !
1.05000        vFeO (-) : Temp multiplier for oxidation !
0.06000        kFeO (/day) : Maximum oxidation rate !
2.00000        K_FeO (mg/L) : Half saturation for oxidation !
0.44000        SFe (g/m^2/day) : Sediment release rate !
0.0400         KDOFe (mg/L) : Oxygen sediment half saturation !
1000000        KpHFe (-) : pH sediment half saturation !
0.04000        tcFe (N/m^2) : Critical shear stress !
-0.00001        Feset (m/s) : Settling velocity of particulate Fe !
!-----!
! MANGANESE constants *****!
!-----!
1.05000        vMnR (no units) : Temperature multiplier for reduction!
0.03           kMnR (/day) : Maximum reduction rate !
0.50000        K_MnR (mg/L) : Half saturation for reduction !
1.05000        vMnO (no units) : Temperature multiplier for oxidation!
0.10           kMnO (/day) : Maximum oxidation rate !
0.50000        K_MnO (mg/L) : Half saturation for oxidation !
0.08600        Smn (g/m^2/day) : Sediment release rate !
0.40000        KDOMn (mg/L) : Oxygen sediment half saturation !
1000000        KpHMn (no units) : pH sediment half saturation !
0.04000        tcMn (N/m^2) : Critical shear stress !
-0.00001        Mnset (m/s) : Settling velocity of particulate Mn !
!-----!
! ALUMINIUM constants *****!
!-----!
1.08000        vAIR (no units) : Temperature multiplier for reduction!
0.03000        kAIR (/day) : Maximum reduction rate !
0.50000        K_AIR (mg/L) : Half saturation for reduction !
1.08000        vAIO (no units) : Temperature multiplier for oxidation!
0.10000        kAIO (/day) : Maximum oxidation rate !
2.00000        K_AIO (mg/L) : Half saturation for oxidation !

```

```

0.00450      S_AL (g/m^2/day) : Sediment release rate      !
0.50000      KDOAI (mg/L)      : Oxygen sediment half saturation !
1000000      KpHAI (no units) : pH sediment half saturation !
0.04000      tcAI (N/m^2)      : Critical shear stress      !
-0.00001     Alset (m/s)       : Settling velocity of particulate AI !
!-----!
! PATHOGEN and MICROBIAL INDICATOR ORGANISM constants *****!
!-----!
!-- Mortality rate (Dark death rate) @ 20C and 0 psu      !
0.03          ! Cryptosporidium oocysts      !
0.71          ! Fecal Coliforms      !
0.48          ! E. coli      !
!-- Temperature multiplier for mortality !
1.145         ! Cryptosporidium oocysts      !
1.060         ! Fecal Coliforms      !
1.110         ! E. coli      !
!-- Salinity effect on mortality      !
0.00          ! Cryptosporidium oocysts      !
0.05          ! Fecal Coliforms      !
0.05          ! E. coli      !
!-- Light inactivation-----:
!-- Visible UV-A UV-B      !
0.00E-00 0.00E-00 3.50E-06 ! Cryptosporidium oocysts      !
1.48E-08 1.18E-08 6.19E-08 ! Fecal Coliforms      !
1.48E-08 1.18E-08 6.19E-08 ! E. coli      !
!-- Salinity effect on light inactivation!
0.00          ! Cryptosporidium oocysts      !
0.00          ! Fecal Coliforms      !
0.00          ! E. coli      !
!-- DO effect on light      !
0.00          ! Cryptosporidium oocysts      !
0.00          ! Fecal Coliforms      !
0.00          ! E. coli      !
!-- Loss rate due to grazing      !
0.00          ! Cryptosporidium oocysts      !
0.00          ! Fecal Coliforms      !
0.00          ! E. coli      !
!-- Sedimentation velocity (m/s) at 20C (-ve means down)      !
-1.00E-6      ! Cryptosporidium oocysts      !
-1.00E-6      ! Fecal Coliforms      !
-1.00E-6      ! E. coli      !
!-- Resuspension constants-----:
!-- ResusRate critStress ResusHalfSat      !
0.01 0.005 1.0E8 ! Cryptosporidium oocysts      !
0.01 0.010 1.0E8 ! Fecal Coliforms      !
0.01 0.010 1.0E8 ! E. coli      !
!-----!

```

3D DATA

FDIAT

IN_I

3

0 20 20

5.5 2.5 0.01

0.001

CYANO

IN_I

3

0 10 15

3.58 1.58 0.01

0.001

IN_CYA

CO_I

-2

0

IP_CYA

CO_I

-0.1

0

IN_FDI

CO_I

-2.0

0.0

IP_FDI

CO_I

-0.1

0.0

DO

IN_I

22

0 1 2 3 4 5 6 7 8 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

14.9 14.9 14.9 14.9 14.7 14.7 14.7 14.7 14.7 14.3 14.3 14.3 12.7 12.5 12.4

12.3 12.3 12.3 11.3 11.3 11.3 11.3

0.01

NH4

CO_I

0.0075

1000

NO3

IN_I

10

0 2 6 8 10 12 14 16 18 20

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.11 0.12 0.12 0.12

0.047

PONL

CO_I

0.04

0.04

DONL

IN_I

10

0	2	6	8	10	12	14	16	18	20
0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.13	0.13	0.13
	0.05								

PIN

CO_I

0.001

0.001

PO4

CO_I

0.0033

1000.0

POPL

CO_I

0.0001

0.01

DOPL

IN_I

4

0 5 10 20

0.0015 0.0015 0.0005 0.0005

1004.0

PIP

CO_I

0.0001

0.0001

SiO2

IN_I

10

0	2	4	6	8	10	12	14	16	28
0.7	0.7	0.7	0.7	0.793	1.02667		1.44667		1.54
		1.586667							1.54

10.0

PH

IN_I

22

0 1 2 3 4 5 6 7 8 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

8.32 8.34 8.34 8.36 8.36 8.37 8.44 8.40 8.36 8.33 8.31 8.54 8.49 8.39 8.31

8.34 8.34 8.36 7.36 7.37 7.44 7.40

7.5

SSOL1

IN_I

3

0 50 80

2 2 2

0.4

SSOL2

CO_I

0
 0.1
 POCL
 IN_I
 6
 2 4 8 12 16 20
 0.15 0.05 0.001 0.05 0.1 0.1
 0.12
 DOCL
 IN_I
 6
 2 4 8 12 16 20
 4.5 4.45 4.45 4.55 4.7 4.4
 1000
 DIC
 IN_I
 6
 2 4 8 12 16 20
 3.4 3.4 3.4 3.7 3.7 4.7
 1000.0
 AL2
 IN_I
 6
 2 4 8 12 16 20
 0.011 0.012 0.01 0.01 0.01 0.014
 10000.0
 TAL
 IN_I
 6
 2 4 8 12 16 20
 0.019 0.13 0.041 0.017 0.02 0.014
 0.01
 FE2
 IN_I
 6
 2 4 8 12 16 20
 0.016 0.033 0.01 0.013 0.01 0.015
 10000.0
 TFE
 IN_I
 6
 2 4 8 12 16 20
 0.029 0.149 0.05 0.034 0.041 0.039
 0.01
 MN2
 IN_I
 6
 2 4 8 12 16 20
 0.001 0.001 0.001 0.001 0.002 0.001
 100000000.0

```

TMN
  IN_I
  6
  2    4    8   12   16   20
  0.003 0.003 0.002 0.004 0.006 0.005
0.01
COL
CO_I
1.7
0.01
2D DATA
EOF

```

<#3>
2002 Meteorology from LDS station
86400

CLOUD_COVER

FLOATING 2

CWRDATE	SW	CLOUD_COVER	TEMP	VP	WS	RAIN
2004001	84.11	0.25	15.37	15.2	8.84	0
2004002	83.05	0.59	17.42	16	10.06	0
2004003	71.78	0.08	18.08	16.11	10.36	0
2004004	82.71	0.8	18.06	17.23	11.27	0
2004005	82.89	0.41	15.86	14.56	9.87	0
2004006	72.97	0.63	13.39	12.54	8.47	0
2004007	53.81	0.75	14.27	14.59	9.6	0
2004008	65.05	0.75	14.8	12.63	12.52	0
2004009	77	0.75	15.28	15.15	11.26	0
2004010	114.66	0.78	15	15	8.24	0
2004011	82.88	0.68	15.49	15.25	9.84	0
2004012	100.32	0.41	16.24	15.1	10.14	0
2004013	108.03	0.6	15.13	13.11	9.72	0
2004014	43.04	0.8	16.52	15.62	11.51	0
2004015	93.19	0.75	14.81	12.43	10.71	0
2004016	67.24	0.66	15.33	13.06	10.39	0
2004017	107.05	0.4	16.26	15.1	13.55	0
2004018	129.3	0.53	15.88	16.05	13.37	0.0088
2004019	89.67	0.35	16.44	15.71	11.08	0.0004
2004020	83.13	0.5	16.76	15.17	10.81	0.0004
2004021	104.88	0.8	16.18	14.94	9.66	0.0016
2004022	131.17	0.75	17.35	14.44	11.49	0
2004023	53.46	0.25	17.91	17.23	12.07	0.0436
2004024	97.29	0.59	16.87	15.79	10.23	0.0066
2004025	47.23	0.08	14.57	7.89	9.51	0.003
2004026	55.28	0.8	14.82	15.56	8.28	0
2004027	100.32	0.41	15.8	13.7	12.41	0
2004028	108.03	0.63	14.3	12.18	9.11	0
2004029	43.04	0.75	14.3	12.15	9	0
2004030	100.32	0.75	14.25	12.55	9.67	0
2004031	108.03	0.75	15.14	13.61	9.35	0
2004032	43.04	0.78	14.95	13.33	8.95	0
2004033	93.19	0.68	13.39	13.02	9.15	0.003
2004034	67.24	0.41	14.82	13.68	8.98	0
2004035	107.05	0.6	14.24	14.09	8.51	0.0008
2004036	129.3	0.8	15.28	14.36	9.95	0.0008
2004037	89.67	0.75	13.28	12.02	9.7	0.0016
2004038	100.32	0.66	14.02	14.38	9.15	0.0068
2004039	108.03	0.4	16.42	16.46	11.6	0.0216
2004040	43.04	0.53	15.21	13.44	10.58	0
2004041	93.19	0.35	14.65	13.06	9.4	0.0002
2004042	67.24	0.5	15.04	13.17	9.2	0
2004043	112.05	0.8	13.36	13.26	9.19	0
2004044	134.3	0.75	15.43	15.05	11.34	0.008
2004045	94.67	0.25	15.18	14.63	16.31	0.0076
2004046	88.13	0.59	15.33	13.68	13.12	0.0002
2004047	109.88	0.08	15.61	14.62	11.37	0
2004048	39.97	0.8	15.41	13.59	10.37	0
2004049	66.4	0.41	14.91	13.48	11.76	0.0002
2004050	106.91	0.63	14.96	14.18	14.21	0.0032
2004051	72.69	0.75	14.52	13.7	10.12	0
2004052	131.08	0.75	14.71	13.33	10.45	0.001
2004053	147.21	0.75	15.42	13.4	12.16	0.0004
2004054	82.53	0.78	15.57	14.8	11.47	0.0172
2004055	110.21	0.68	15.91	15.04	9.39	0.0014
2004056	64.04	0.41	15.63	14.57	10.75	0.0286
2004057	50.35	0.6	12.62	11.98	13.53	0.0236
2004058	118.18	0.8	12.06	9	14.94	0.001
2004059	159.55	0.75	11.47	8.15	10.81	0
2004060	85.35	0.66	11.2	8.53	10.42	0.0006
2004061	92.49	0.4	11.6	9.07	16.05	0.0048
2004062	150.81	0.53	11.73	8.96	11.26	0.0034
2004063	114.33	0.35	11.44	9.52	9.66	0
2004064	78.81	0.5	13.04	9.86	13.68	0.0138
2004065	65.85	0.8	14.44	13.51	13.15	0.0634
2004066	172.38	0.75	14.2	12.51	9.89	0
2004067	93.44	0.25	13.87	12.69	13.03	0.0336
2004068	141.43	0.59	15.6	14.89	12.22	0
2004069	60.3	0.08	15.13	15.07	13.8	0.0022
2004070	87.51	0.8	14.13	14.35	12.76	0.023
2004071	100.23	0.41	14.53	14.61	10.08	0.0014
2004072	182.63	0.63	14.15	12.75	10.25	0.0034
2004073	92.47	0.75	15.27	15.69	13.82	0.0056
2004074	65.79	0.75	15.59	15.87	14.33	0.0012
2004075	73.8	0.75	15.86	16.21	13.1	0.0032
2004076	63.18	0.78	15.23	15.23	13.09	0.0684
2004077	95.39	0.68	12.98	11.78	13.03	0.0208
2004078	148.69	0.41	13.65	12.26	12.48	0.0408
2004079	114.67	0.6	12.76	12.21	9.88	0.0044
2004080	114.98	0.8	13.04	11.02	12.16	0.0058

2004081	109.98	0.75	13.1	11.74	12.36	0.0118
2004082	105.65	0.66	13.84	13.06	13.2	0.0546
2004083	77.86	0.4	12.68	10.81	14.68	0.0148
2004084	175.03	0.53	12.17	9.58	13.99	0.0016
2004085	167.65	0.35	13.1	10.91	12.4	0.0118
2004086	117.89	0.5	15.08	15.7	13.7	0.0046
2004087	93.66	0.8	15.08	15.29	11.99	0.011
2004088	85.89	0.75	14.54	14.52	12.44	0
2004089	128.97	0.25	13.79	12.42	12.16	0
2004090	173.33	0.59	14.19	13.05	12.13	0
2004091	193.2	0.08	12	11.62	6.69	0
2004092	127.08	0.8	12.21	12.19	6.54	0
2004093	140.88	0.41	14.7	12.62	7.62	0
2004094	70.86	0.63	15.5	13.33	10.55	0
2004095	74.24	0.75	15.08	13.75	9.48	0.0064
2004096	107.43	0.75	14.52	14.17	8.68	0.0014
2004097	73.39	0.75	14.39	14.67	9.15	0.0144
2004098	53.02	0.78	14.47	14.27	9.24	0.0254
2004099	106.99	0.68	13.77	12.02	10.27	0.0008
2004100	103.01	0.41	13.41	11.4	7.83	0
2004101	180.35	0.6	12.99	11.04	8.64	0
2004102	142.26	0.8	12.92	10.46	11.34	0
2004103	146.88	0.75	12.18	10.23	8.07	0.0016
2004104	116.07	0.66	13.67	12.92	7.59	0.0024
2004105	223.64	0.4	14.33	12.92	8.21	0
2004106	184.4	0.53	13.42	12.92	7.79	0
2004107	64.94	0.35	14.02	13.89	9.26	0.0142
2004108	218.21	0.5	12.75	10.56	7.14	0
2004109	226.28	0.8	13.83	13.08	8.27	0.0014
2004110	88.38	0.75	15.73	16.49	9.63	0.0014
2004111	226.56	0.25	15.16	14.03	8.69	0.0336
2004112	167.95	0.59	14.52	13.45	7.21	0
2004113	205.94	0.08	14.37	13.4	7.25	0
2004114	229.49	0.8	14.5	13	5.91	0
2004115	126.25	0.41	14.6	13.85	6.92	0.0004
2004116	212.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2004117	34.31	0.75	16.81	18.48	9.8	0.0372
2004118	44.65	0.75	16.68	18.25	8.22	0.0328
2004119	94.59	0.75	15.56	16.42	8.23	0.0212
2004120	168.69	0.78	13.93	13.52	8.76	0.015
2004121	189.43	0.68	14.58	13.79	5	0.0038
2004122	222.82	0.41	14.02	12.41	2.81	0
2004123	209.99	0.6	12.95	12.75	3.18	0
2004124	176.79	0.8	14.01	12.51	5.77	0
2004125	100.19	0.75	14.28	14.14	7.32	0.0086
2004126	137.82	0.66	14.63	14.1	5.81	0
2004127	64.03	0.4	15.68	16.78	5.91	0.0684
2004128	105.29	0.53	15.1	15.63	5.97	0.0574
2004129	73.8	0.35	14.72	15.26	5.85	0.0412
2004130	100.23	0.5	15.11	15.98	4.79	0.0002
2004131	158.77	0.8	14.66	14.59	3.43	0
2004132	159.32	0.75	14.56	13.9	3.81	0
2004133	219.38	0.25	13.61	13.06	2.55	0
2004134	169.14	0.25	15.35	15.38	3.38	0.0018
2004135	115.49	0.25	17.34	18.15	3.79	0
2004136	244.51	0.25	18.19	17.66	2.08	0
2004137	134.74	0.25	17.51	17.3	2.94	0
2004138	98.17	0.25	17.45	18.65	4.38	0.0002
2004139	94.79	0.25	17.59	18.58	4.13	0.0012
2004140	224.13	0.25	17.46	17.04	1.96	0
2004141	267.52	0.25	16.34	14.8	1.95	0
2004142	204.98	0.25	15.73	13.8	2.05	0
2004143	126.25	0.25	17.12	16.24	4.56	0.0002
2004144	65.15	0.25	18.2	19.89	6.1	0.0116
2004145	69.32	0.25	18.26	20.02	5.35	0.1742
2004146	219.39	0.25	15.59	14.76	3.39	0.0082
2004147	222.8	0.25	15.18	13.72	2.61	0.0006
2004148	283.09	0.25	13.88	13.45	1.88	0
2004149	240.75	0.25	14.61	13.79	2.06	0
2004150	114.63	0.25	15.37	14.65	1.51	0
2004151	155.44	0.25	15.01	15.19	1.56	0
2004152	270.68	0.25	15.98	15.71	2.23	0
2004153	104.22	0.25	17.47	18.23	2.56	0.0044
2004154	129.28	0.25	18.46	18.9	3.05	0.0064
2004155	249.85	0.59	18.65	17.69	5.08	0
2004156	212.92	0.08	18.76	17.87	3.05	0
2004157	145.91	0.8	18	16.49	1.87	0
2004158	165.59	0.41	17.75	17.35	1.77	0
2004159	181.71	0.63	17.46	16.77	1.71	0
2004160	259.15	0.75	17.79	16.52	2.72	0.0008
2004161	136	0.75	17.51	17.48	2.64	0.0016
2004162	188.99	0.75	17.58	17.16	2.51	0
2004163	189.69	0.78	18.05	18.5	3.2	0.0044
2004164	65.23	0.68	18.48	19.98	4.85	0.0166
2004165	170.61	0.41	18.29	19.3	4.22	0.004
2004166	56.02	0.6	19.82	22.21	6.93	0.0014

2004167	88.65	0.8	19.71	21.89	6.66	0.001
2004168	112.71	0.75	18.48	19.76	3.62	0.2116
2004169	262.52	0.66	17.46	16.47	2.47	0
2004170	201.36	0.4	17.23	15.83	2.65	0
2004171	106.77	0.53	16.68	16.27	1.89	0
2004172	234.8	0.35	17.36	16.63	2.1	0
2004173	244.6	0.5	19.51	18.65	2.59	0
2004174	144.22	0.8	20.13	20.6	2.42	0.0002
2004175	255.68	0.75	18.74	18.93	3.08	0.002
2004176	139.49	0.75	18.07	17.41	3.91	0
2004177	154.8	0.75	17.73	16.25	4.09	0
2004178	157.18	0.75	17.75	16.01	3.02	0
2004179	229.18	0.75	17.37	16.17	2.24	0
2004180	107.85	0.75	18.93	19.4	2.57	0.0082
2004181	165.47	0.75	19.61	20.5	1.65	0.0058
2004182	218.09	0.75	18.7	18	1.85	0
2004183	137.68	0.75	19.2	19.8	2.32	0
2004184	230.48	0.75	19.07	18.83	3.92	0.0034
2004185	175.31	0.25	19.36	16.36	4.37	0
2004186	154.15	0.2	19.29	17.13	3.05	0
2004187	163.57	0.25	19.27	17.28	3.58	0
2004188	136.79	0.59	19.9	19.61	3.91	0.0082
2004189	139.26	0.08	19.82	19.3	4.17	0.0056
2004190	154.29	0.8	19.96	18.64	3.5	0.0004
2004191	187.54	0.41	19.14	18.58	2.25	0
2004192	138.02	0.63	19.26	19.16	2.72	0.0004
2004193	142.01	0.75	19.14	19.05	3.5	0.003
2004194	64.63	0.75	19.39	20.13	4.34	0
2004195	170.5	0.75	19.43	19.09	3.84	0
2004196	134.84	0.78	19.73	19.76	2.98	0
2004197	153.79	0.68	19.56	20.03	2.21	0.0002
2004198	154.81	0.41	20.07	19.87	2.62	0.0012
2004199	195.14	0.6	19.85	19.71	2.89	0.0052
2004200	166.4	0.8	20.71	19.18	2.33	0
2004201	201.08	0.75	22.11	21.03	2.98	0
2004202	267.72	0.66	22.2	21.68	2.95	0
2004203	128.74	0.4	21.96	23.39	2.28	0
2004204	131.29	0.53	22.19	24.59	2.64	0.0082
2004205	104.95	0.35	21.7	23.89	4.05	0.0014
2004206	139.83	0.5	20.93	21.86	3.62	0.0015
2004207	174.72	0.8	20.16	19.96	3.2	0.0016
2004208	186.55	0.75	19.88	19.13	2.24	0.0026
2004209	142.52	0.25	18.82	17.92	1.69	0
2004210	119.42	0.25	18.29	17.56	1.56	0
2004211	175.05	0.25	18.43	18.25	1.68	0
2004212	200.32	0.25	19.52	19.05	1.8	0
2004213	232.23	0.25	21.93	22.23	1.98	0
2004214	156.79	0.25	22.16	23.05	3.11	0.0052
2004215	179.6	0.25	21.75	22.67	5.18	0.0018
2004216	149.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2004217	194.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2004218	208.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2004219	104.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2004220	55.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2004221	128.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2004222	132.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2004223	210.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2004224	179.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2004225	121.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2004226	208.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2004227	193.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2004228	240.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2004229	234.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2004230	242.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0
2004231	152.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0
2004232	222.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0
2004233	176.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2004234	205.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2004235	128.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2004236	124.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2004237	109.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2004238	150.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2004239	82.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2004240	191.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2004241	157.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2004242	213.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2004243	226.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2004244	195.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2004245	71.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2004246	33.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2004247	75.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2004248	71.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2004249	183.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2004250	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2004251	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2004252	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0

2004253	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2004254	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2004255	70.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2004256	152.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2004257	183.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2004258	186.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2004259	139.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2004260	268.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2004261	210.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2004262	225.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2004263	162.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2004264	206.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2004265	147.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2004266	188.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2004267	151.07	0.75	20.43	21.23	4.81	0
2004268	208.33	0.66	19.37	17.54	4.78	0
2004269	132.17	0.4	22.37	23.17	5.72	0
2004270	145.07	0.53	21.5	23.14	5.25	0.011
2004271	197.97	0.35	21.24	20.61	5.58	0
2004272	154.57	0.5	20.16	19.42	4.75	0
2004273	197.01	0.8	19.62	19.34	5.1	0
2004274	92.57	0.75	19.57	20.41	5.27	0
2004275	121.21	0.75	19.78	20.17	3.89	0
2004276	150.22	0.75	20.37	18.78	4.09	0
2004277	67.16	0.75	20.66	20.74	5.75	0
2004278	164.7	0.75	19.97	18.93	6	0
2004279	107.57	0.75	18.05	17.7	6.45	0.0018
2004280	105.25	0.75	19.73	20.23	7.81	0.0002
2004281	46.6	0.75	19.89	21.73	8.29	0
2004282	52.85	0.75	18.68	20.18	6.39	0
2004283	83.83	0.75	18.57	18.87	5.17	0
2004284	149.44	0.25	16.64	15.14	4.88	0
2004285	120.42	0.59	16.31	13.83	3.84	0
2004286	91.11	0.08	19.65	19.48	7.84	0
2004287	103.03	0.8	18.16	18.45	5.41	0.0008
2004288	167.89	0.41	17.32	15.29	4.88	0
2004289	140.49	0.63	16.66	14.94	4.53	0
2004290	107.6	0.75	16.01	15.24	4.57	0
2004291	61.52	0.75	19.41	21.85	5.49	0
2004292	83.28	0.75	19.71	21.65	4.28	0
2004293	100.31	0.78	19.89	20.7	4.96	0
2004294	136.31	0.68	19.41	19.36	5.65	0
2004295	161.39	0.41	18.24	17.31	4.13	0
2004296	58.4	0.6	19.45	20.57	7.64	0.0144
2004297	120.34	0.8	19.11	19.77	4.5	0
2004298	48.91	0.75	18.65	20	8.03	0.0144
2004299	119.15	0.66	16.33	14.31	8.2	0.0008
2004300	120.59	0.4	16.41	14.79	6.32	0.0004
2004301	45.88	0.53	18.93	19.89	7.78	0.0014
2004302	110.56	0.35	16.86	15.67	7.58	0.0028
2004303	100.27	0.5	16.66	14.92	7.73	0.0006
2004304	62.73	0.8	17.94	18.73	7.96	0.0324
2004305	74.77	0.75	19.07	19.47	11.11	0.0064
2004306	114.25	0.25	16.73	14.02	8.7	0
2004307	143.03	0.25	14.8	12.24	7.26	0.0002
2004308	113.72	0.25	14.41	14.16	7.44	0
2004309	75.56	0.25	17.79	18.02	8.48	0.0004
2004310	100.2	0.25	16.69	17.65	7.16	0.015
2004311	111.75	0.25	16.33	16.98	7.94	0.0074
2004312	225.83	0.25	14.13	12.14	8.69	0.0224
2004313	108.27	0.25	14.03	13.33	6.71	0
2004314	79.55	0.25	17.07	15.56	7.04	0.0002
2004315	127.51	0.25	16.19	15.62	6.52	0
2004316	121.32	0.25	15.51	15.13	9.4	0.0124
2004317	86.28	0.59	15.14	14.07	10.81	0.0006
2004318	76.54	0.08	14.7	14.47	9.94	0.0072
2004319	170.3	0.8	14.91	14.23	8.96	0.0032
2004320	65.94	0.41	15.11	14.99	7.74	0.0008
2004321	82.29	0.63	14.45	14.53	8.57	0.0454
2004322	77.26	0.75	13.58	12.14	8.77	0.0098
2004323	83.94	0.75	14.01	12.69	9.33	0.007
2004324	59.41	0.75	14.62	14.24	8.9	0.0078
2004325	53.01	0.78	15.53	15.96	8.87	0.0002
2004326	155.82	0.68	15.56	15.71	9.42	0.0071
2004327	48.08	0.41	16.47	16.98	11.88	0.0004
2004328	54.88	0.6	16.31	16.38	11.84	0
2004329	90.89	0.8	15.62	14.2	9.25	0
2004330	68.08	0.75	13.74	13.2	10.34	0.0054
2004331	91.76	0.66	12.88	13.26	10.42	0.0254
2004332	72.58	0.4	13.74	13.32	11.7	0.0018
2004333	162.7	0.53	13.33	12.79	9.73	0.0029
2004334	94.33	0.35	11.7	12.84	8.36	0
2004335	71.65	0.5	14.89	15.47	9.92	0.0028
2004336	116.57	0.8	14.63	14.44	8.52	0
2004337	83.05	0.75	14.8	15.67	9.35	0.0094
2004338	73.04	0.25	15.38	16.86	11.62	0.11

2004339	53.55	0.59	15.34	16.67	10.47	0.0286
2004340	53.47	0.08	15.96	17.37	10.32	0.019
2004341	59.65	0.8	17	18.35	9.76	0.0266
2004342	80.85	0.41	17.94	18.24	10.94	0.0072
2004343	79.13	0.63	17.12	17.37	12.01	0.029
2004344	48.5	0.75	17.23	16.82	12.35	0.0068
2004345	52.22	0.75	16.56	16.7	12.94	0
2004346	44.4	0.75	18.06	18.17	12.91	0.0032
2004347	122.59	0.78	16.06	15.24	12.31	0
2004348	133.8	0.68	15.84	14.94	12.4	0
2004349	122	0.41	15.36	15.11	10.02	0
2004350	57.43	0.6	15.02	15.65	10.38	0.0024
2004351	62.75	0.8	13.51	14.04	8.6	0
2004352	64.82	0.41	13.21	14.05	8.27	0.0016
2004353	51.05	0.6	13.42	13.62	8.23	0
2004354	30.58	0.8	14.19	13.96	9.4	0
2004355	70.57	0.75	13.59	13.67	8.67	0
2004356	80.89	0.66	15.59	14.31	9.55	0
2004357	57.65	0.4	16.1	16.09	11.64	0
2004358	67.77	0.53	15	15.26	10.75	0
2004359	94	0.35	13.12	12.42	9.75	0
2004360	68.79	0.5	13.3	14.06	9.54	0
2004361	89.09	0.8	13.17	11.75	10.6	0
2004362	75.91	0.75	12.29	11.79	9.32	0
2004363	60.25	0.25	12.54	12.7	8.57	0
2004364	73.05	0.59	14.45	14.03	8.92	0
2004365	91.56	0.08	13.27	14.7	8.13	0
2004366	84.11	0.25	14.37	14.2	9.84	0
2005001	84.11	0.25	14.37	14.2	7.84	0
2005002	83.05	0.59	16.42	15	9.06	0
2005003	71.78	0.08	17.08	15.11	9.36	0
2005004	82.71	0.8	17.06	16.23	10.27	0
2005005	82.89	0.41	14.86	13.56	8.87	0
2005006	72.97	0.63	12.39	11.54	7.47	0
2005007	53.81	0.75	13.27	13.59	8.6	0
2005008	65.05	0.75	13.8	11.63	11.52	0
2005009	77	0.75	14.28	14.15	10.26	0
2005010	114.66	0.78	14	14	7.24	0
2005011	82.88	0.68	14.49	14.25	8.84	0
2005012	100.32	0.41	15.24	14.1	9.14	0
2005013	108.03	0.6	14.13	12.11	8.72	0
2005014	43.04	0.8	15.52	14.62	10.51	0
2005015	93.19	0.75	13.81	11.43	9.71	0
2005016	67.24	0.66	14.33	12.06	9.39	0
2005017	107.05	0.4	15.26	14.1	12.55	0
2005018	129.3	0.53	14.88	15.05	12.37	0.0088
2005019	89.67	0.35	15.44	14.71	10.08	0.0004
2005020	83.13	0.5	15.76	14.17	9.81	0.0004
2005021	104.88	0.8	15.18	13.94	8.66	0.0016
2005022	131.17	0.75	16.35	13.44	10.49	0
2005023	53.46	0.25	16.91	16.23	11.07	0.0436
2005024	97.29	0.59	15.87	14.79	9.23	0.0066
2005025	47.23	0.08	13.57	6.89	8.51	0.003
2005026	55.28	0.8	13.82	14.56	7.28	0
2005027	100.32	0.41	14.8	12.7	11.41	0
2005028	108.03	0.63	13.3	11.18	8.11	0
2005029	43.04	0.75	13.3	11.15	8	0
2005030	100.32	0.75	13.25	11.55	8.67	0
2005031	108.03	0.75	14.14	12.61	8.35	0
2005032	43.04	0.78	13.95	12.33	7.95	0
2005033	93.19	0.68	12.39	12.02	8.15	0.003
2005034	67.24	0.41	13.82	12.68	7.98	0
2005035	107.05	0.6	13.24	13.09	7.51	0.0008
2005036	129.3	0.8	14.28	13.36	8.95	0.0008
2005037	89.67	0.75	12.28	11.02	8.7	0.0016
2005038	100.32	0.66	13.02	13.38	8.15	0.0068
2005039	108.03	0.4	15.42	15.46	10.6	0.0216
2005040	43.04	0.53	14.21	12.44	9.58	0
2005041	93.19	0.35	13.65	12.06	8.4	0.0002
2005042	67.24	0.5	14.04	12.17	8.2	0
2005043	107.05	0.8	12.36	12.26	8.19	0
2005044	129.3	0.75	14.43	14.05	10.34	0.008
2005045	89.67	0.25	14.18	13.63	15.31	0.0076
2005046	83.13	0.59	14.33	12.68	12.12	0.0002
2005047	104.88	0.08	14.61	13.62	10.37	0
2005048	34.97	0.8	14.41	12.59	9.37	0
2005049	61.4	0.41	13.91	12.48	10.76	0.0002
2005050	101.91	0.63	13.96	13.18	13.21	0.0032
2005051	67.69	0.75	13.52	12.7	9.12	0
2005052	126.08	0.75	13.71	12.33	9.45	0.001
2005053	142.21	0.75	14.42	12.4	11.16	0.0004
2005054	77.53	0.78	14.57	13.8	10.47	0.0172
2005055	105.21	0.68	14.91	14.04	8.39	0.0014
2005056	59.04	0.41	14.63	13.57	9.75	0.0286
2005057	45.35	0.6	13.62	13.98	12.53	0.0236
2005058	113.18	0.8	13.06	11	13.94	0.001

2005059	154.55	0.75	12.47	10.15	9.81	0
2005060	80.35	0.66	12.2	10.53	9.42	0.0006
2005061	87.49	0.4	12.6	11.07	15.05	0.0048
2005062	145.81	0.53	12.73	10.96	10.26	0.0034
2005063	109.33	0.35	12.44	11.52	8.66	0
2005064	73.81	0.5	14.04	11.86	12.68	0.0138
2005065	60.85	0.8	15.44	15.51	12.15	0.0634
2005066	167.38	0.75	15.2	14.51	8.89	0
2005067	88.44	0.25	14.87	14.69	12.03	0.0336
2005068	136.43	0.59	16.6	16.89	11.22	0
2005069	55.3	0.08	16.13	17.07	12.8	0.0022
2005070	82.51	0.8	15.13	16.35	11.76	0.023
2005071	95.23	0.41	15.53	16.61	9.08	0.0014
2005072	177.63	0.63	15.15	14.75	9.25	0.0034
2005073	87.47	0.75	16.27	17.69	12.82	0.0056
2005074	60.79	0.75	16.59	17.87	13.33	0.0012
2005075	68.8	0.75	16.86	18.21	12.1	0.0032
2005076	58.18	0.78	16.23	17.23	12.09	0.0684
2005077	90.39	0.68	13.98	13.78	12.03	0.0208
2005078	143.69	0.41	14.65	14.26	11.48	0.0408
2005079	109.67	0.6	13.76	14.21	8.88	0.0044
2005080	109.98	0.8	14.04	13.02	11.16	0.0058
2005081	104.98	0.75	14.1	13.74	11.36	0.0118
2005082	100.65	0.66	14.84	15.06	12.2	0.0546
2005083	72.86	0.4	13.68	12.81	13.68	0.0148
2005084	170.03	0.53	13.17	11.58	12.99	0.0016
2005085	162.65	0.35	14.1	12.91	11.4	0.0118
2005086	112.89	0.5	16.08	17.7	12.7	0.0046
2005087	88.66	0.8	16.08	17.29	10.99	0.011
2005088	80.89	0.75	15.54	16.52	11.44	0
2005089	123.97	0.25	14.79	14.42	11.16	0
2005090	168.33	0.59	15.19	15.05	11.13	0
2005091	188.2	0.08	13	13.62	5.69	0
2005092	122.08	0.8	13.21	14.19	5.54	0
2005093	135.88	0.41	15.7	14.62	6.62	0
2005094	65.86	0.63	16.5	15.33	9.55	0
2005095	69.24	0.75	16.08	15.75	8.48	0.0064
2005096	102.43	0.75	15.52	16.17	7.68	0.0014
2005097	68.39	0.75	15.39	16.67	8.15	0.0144
2005098	48.02	0.78	15.47	16.27	8.24	0.0254
2005099	101.99	0.68	14.77	14.02	9.27	0.0008
2005100	98.01	0.41	14.41	13.4	6.83	0
2005101	175.35	0.6	13.99	13.04	7.64	0
2005102	137.26	0.8	13.92	12.46	10.34	0
2005103	141.88	0.75	13.18	12.23	7.07	0.0016
2005104	111.07	0.66	14.67	14.92	6.59	0.0024
2005105	218.64	0.4	15.33	14.92	7.21	0
2005106	179.4	0.53	14.42	14.92	6.79	0
2005107	59.94	0.35	15.02	15.89	8.26	0.0142
2005108	213.21	0.5	13.75	12.56	6.14	0
2005109	221.28	0.8	14.83	15.08	7.27	0.0014
2005110	83.38	0.75	16.73	18.49	9.63	0.0014
2005111	221.56	0.25	16.16	16.03	8.69	0.0336
2005112	162.95	0.59	15.52	15.45	7.21	0
2005113	200.94	0.08	15.37	15.4	7.25	0
2005114	224.49	0.8	15.5	15	5.91	0
2005115	121.25	0.41	15.6	15.85	6.92	0.0004
2005116	207.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2005117	29.31	0.75	16.81	18.48	10.8	0.0372
2005118	39.65	0.75	16.68	18.25	9.22	0.0328
2005119	89.59	0.75	15.56	16.42	9.23	0.0212
2005120	163.69	0.78	13.93	13.52	9.76	0.015
2005121	184.43	0.68	14.58	13.79	6	0.0038
2005122	217.82	0.41	14.02	12.41	3.81	0
2005123	204.99	0.6	12.95	12.75	4.18	0
2005124	171.79	0.8	14.01	12.51	6.77	0
2005125	95.19	0.75	14.28	14.14	8.32	0.0086
2005126	132.82	0.66	14.63	14.1	6.81	0
2005127	59.03	0.4	15.68	16.78	6.91	0.0684
2005128	100.29	0.53	15.1	15.63	6.97	0.0574
2005129	68.8	0.35	14.72	15.26	6.85	0.0412
2005130	95.23	0.5	15.11	15.98	5.79	0.0002
2005131	153.77	0.8	14.66	14.59	4.43	0
2005132	154.32	0.75	14.56	13.9	4.81	0
2005133	214.38	0.25	13.61	13.06	3.55	0
2005134	164.14	0.25	15.35	15.38	4.38	0.0018
2005135	110.49	0.25	17.34	18.15	4.79	0
2005136	239.51	0.25	18.19	17.66	3.08	0
2005137	129.74	0.25	17.51	17.3	3.94	0
2005138	93.17	0.25	17.45	18.65	5.38	0.0002
2005139	89.79	0.25	17.59	18.58	5.13	0.0012
2005140	219.13	0.25	17.46	17.04	2.96	0
2005141	262.52	0.25	16.34	14.8	2.95	0
2005142	199.98	0.25	15.73	13.8	3.05	0
2005143	121.25	0.25	17.12	16.24	5.56	0.0002
2005144	60.15	0.25	18.2	19.89	7.1	0.0116

2005145	64.32	0.25	18.26	20.02	6.35	0.1742
2005146	214.39	0.25	15.59	14.76	4.39	0.0082
2005147	217.8	0.25	15.18	13.72	3.61	0.0006
2005148	278.09	0.25	13.88	13.45	2.88	0
2005149	235.75	0.25	14.61	13.79	3.06	0
2005150	109.63	0.25	15.37	14.65	2.51	0
2005151	150.44	0.25	15.01	15.19	2.56	0
2005152	265.68	0.25	15.98	15.71	3.23	0
2005153	99.22	0.25	17.47	18.23	3.56	0.0044
2005154	124.28	0.25	18.46	18.9	4.05	0.0064
2005155	244.85	0.59	18.65	17.69	6.08	0
2005156	207.92	0.08	18.76	17.87	4.05	0
2005157	140.91	0.8	18	16.49	2.87	0
2005158	160.59	0.41	17.75	17.35	2.77	0
2005159	181.71	0.63	17.46	16.77	2.71	0
2005160	259.15	0.75	17.79	16.52	3.72	0.0008
2005161	136	0.75	17.51	17.48	3.64	0.0016
2005162	188.99	0.75	17.58	17.16	3.51	0
2005163	189.69	0.78	18.05	18.5	4.2	0.0044
2005164	65.23	0.68	18.48	19.98	5.85	0.0166
2005165	170.61	0.41	18.29	19.3	5.22	0.004
2005166	56.02	0.6	19.82	22.21	7.93	0.0014
2005167	88.65	0.8	19.71	21.89	7.66	0.001
2005168	112.71	0.75	18.48	19.76	4.62	0.2116
2005169	262.52	0.66	17.46	16.47	3.47	0
2005170	201.36	0.4	17.23	15.83	3.65	0
2005171	106.77	0.53	16.68	16.27	2.89	0
2005172	234.8	0.35	17.36	16.63	3.1	0
2005173	244.6	0.5	19.51	18.65	3.59	0
2005174	144.22	0.8	20.13	20.6	3.42	0.0002
2005175	255.68	0.75	18.74	18.93	4.08	0.002
2005176	139.49	0.75	18.07	17.41	4.91	0
2005177	154.8	0.75	17.73	16.25	5.09	0
2005178	157.18	0.75	17.75	16.01	4.02	0
2005179	229.18	0.75	17.37	16.17	3.24	0
2005180	107.85	0.75	18.93	19.4	3.57	0.0082
2005181	165.47	0.75	19.61	20.5	2.65	0.0058
2005182	218.09	0.75	18.7	18	2.85	0
2005183	137.68	0.75	19.2	19.8	3.32	0
2005184	230.48	0.75	19.07	18.83	4.92	0.0034
2005185	175.31	0.25	19.36	16.36	5.37	0
2005186	154.15	0.2	19.29	17.13	4.05	0
2005187	163.57	0.25	19.27	17.28	4.58	0
2005188	136.79	0.59	19.9	19.61	4.91	0.0082
2005189	139.26	0.08	19.82	19.3	5.17	0.0056
2005190	154.29	0.8	19.96	18.64	4.5	0.0004
2005191	187.54	0.41	19.14	18.58	3.25	0
2005192	138.02	0.63	19.26	19.16	3.72	0.0004
2005193	142.01	0.75	19.14	19.05	4.5	0.003
2005194	64.63	0.75	19.39	20.13	5.34	0
2005195	170.5	0.75	19.43	19.09	4.84	0
2005196	134.84	0.78	19.73	19.76	3.98	0
2005197	153.79	0.68	19.56	20.03	3.21	0.0002
2005198	154.81	0.41	20.07	19.87	3.62	0.0012
2005199	195.14	0.6	19.85	19.71	3.89	0.0052
2005200	166.4	0.8	20.71	19.18	3.33	0
2005201	201.08	0.75	22.11	21.03	3.98	0
2005202	267.72	0.66	22.2	21.68	3.95	0
2005203	128.74	0.4	21.96	23.39	3.28	0
2005204	131.29	0.53	22.19	24.59	3.64	0.0082
2005205	104.95	0.35	21.7	23.89	5.05	0.0014
2005206	144.83	0.5	20.93	21.86	4.62	0.0015
2005207	179.72	0.8	20.16	19.96	4.2	0.0016
2005208	191.55	0.75	19.88	19.13	3.24	0.0026
2005209	147.52	0.25	18.82	17.92	2.69	0
2005210	124.42	0.25	18.29	17.56	2.56	0
2005211	180.05	0.25	18.43	18.25	2.68	0
2005212	205.32	0.25	19.52	19.05	2.8	0
2005213	237.23	0.25	21.93	22.23	2.98	0
2005214	161.79	0.25	22.16	23.05	4.11	0.0052
2005215	184.6	0.25	21.75	22.67	6.18	0.0018
2005216	154.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2005217	199.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2005218	213.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2005219	109.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2005220	60.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2005221	133.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2005222	137.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2005223	215.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2005224	184.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2005225	126.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2005226	213.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2005227	198.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2005228	245.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2005229	239.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2005230	247.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0

2005231	157.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0
2005232	227.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0
2005233	181.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2005234	210.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2005235	133.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2005236	129.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2005237	114.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2005238	155.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2005239	87.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2005240	196.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2005241	162.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2005242	218.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2005243	231.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2005244	200.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2005245	76.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2005246	38.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2005247	80.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2005248	76.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2005249	188.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2005250	188.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2005251	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2005252	188.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2005253	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2005254	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2005255	75.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2005256	157.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2005257	188.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2005258	191.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2005259	144.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2005260	273.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2005261	215.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2005262	230.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2005263	167.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2005264	211.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2005265	152.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2005266	193.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2005267	156.07	0.75	20.43	21.23	3.81	0
2005268	213.33	0.66	19.37	17.54	3.78	0
2005269	137.17	0.4	22.37	23.17	4.72	0
2005270	150.07	0.53	21.5	23.14	4.25	0.011
2005271	202.97	0.35	21.24	20.61	4.58	0
2005272	159.57	0.5	20.16	19.42	3.75	0
2005273	202.01	0.8	19.62	19.34	4.1	0
2005274	92.57	0.75	19.57	20.41	4.27	0
2005275	121.21	0.75	19.78	20.17	2.89	0
2005276	150.22	0.75	20.37	18.78	3.09	0
2005277	67.16	0.75	20.66	20.74	4.75	0
2005278	164.7	0.75	19.97	18.93	5	0
2005279	107.57	0.75	18.05	17.7	5.45	0.0018
2005280	105.25	0.75	19.73	20.23	6.81	0.0002
2005281	46.6	0.75	19.89	21.73	7.29	0
2005282	52.85	0.75	18.68	20.18	5.39	0
2005283	83.83	0.75	18.57	18.87	4.17	0
2005284	149.44	0.25	16.64	15.14	3.88	0
2005285	120.42	0.59	16.31	13.83	2.84	0
2005286	91.11	0.08	19.65	19.48	6.84	0
2005287	103.03	0.8	18.16	18.45	4.41	0.0008
2005288	167.89	0.41	17.32	15.29	3.88	0
2005289	140.49	0.63	16.66	14.94	3.53	0
2005290	107.6	0.75	16.01	15.24	3.57	0
2005291	61.52	0.75	19.41	21.85	4.49	0
2005292	83.28	0.75	19.71	21.65	3.28	0
2005293	100.31	0.78	19.89	20.7	3.96	0
2005294	136.31	0.68	19.41	19.36	4.65	0
2005295	161.39	0.41	18.24	17.31	3.13	0
2005296	58.4	0.6	19.45	20.57	6.64	0.0144
2005297	120.34	0.8	19.11	19.77	3.5	0
2005298	48.91	0.75	18.65	20	6.03	0.0144
2005299	119.15	0.66	16.33	14.31	6.2	0.0008
2005300	120.59	0.4	16.41	14.79	4.32	0.0004
2005301	45.88	0.53	18.93	19.89	5.78	0.0014
2005302	110.56	0.35	16.86	15.67	5.58	0.0028
2005303	100.27	0.5	16.66	14.92	5.73	0.0006
2005304	62.73	0.8	17.94	18.73	5.96	0.0324
2005305	74.77	0.75	19.07	19.47	9.11	0.0064
2005306	114.25	0.25	16.73	14.02	6.7	0
2005307	143.03	0.25	14.8	12.24	5.26	0.0002
2005308	113.72	0.25	14.41	14.16	5.44	0
2005309	75.56	0.25	17.79	18.02	6.48	0.0004
2005310	100.2	0.25	16.69	17.65	5.16	0.015
2005311	111.75	0.25	16.33	16.98	5.94	0.0074
2005312	225.83	0.25	14.13	12.14	6.69	0.0224
2005313	108.27	0.25	14.03	13.33	4.71	0
2005314	79.55	0.25	17.07	15.56	5.04	0.0002
2005315	127.51	0.25	16.19	15.62	4.52	0
2005316	121.32	0.25	15.51	15.13	7.4	0.0124

2005317	86.28	0.59	15.14	14.07	8.81	0.0006
2005318	76.54	0.08	14.7	14.47	7.94	0.0072
2005319	170.3	0.8	14.91	14.23	6.96	0.0032
2005320	65.94	0.41	15.11	14.99	5.74	0.0008
2005321	82.29	0.63	14.45	14.53	6.57	0.0454
2005322	77.26	0.75	13.58	12.14	6.77	0.0098
2005323	83.94	0.75	14.01	12.69	7.33	0.007
2005324	59.41	0.75	14.62	14.24	6.9	0.0078
2005325	53.01	0.78	15.53	15.96	6.87	0.0002
2005326	155.82	0.68	15.56	15.71	7.42	0.0071
2005327	48.08	0.41	16.47	16.98	9.88	0.0004
2005328	54.88	0.6	16.31	16.38	9.84	0
2005329	90.89	0.8	15.62	14.2	7.25	0
2005330	68.08	0.75	13.74	13.2	8.34	0.0054
2005331	91.76	0.66	12.88	13.26	8.42	0.0254
2005332	72.58	0.4	13.74	13.32	9.7	0.0018
2005333	162.7	0.53	13.33	12.79	7.73	0.0029
2005334	94.33	0.35	11.7	12.84	6.36	0
2005335	71.65	0.5	14.89	15.47	7.92	0.0028
2005336	116.57	0.8	14.63	14.44	6.52	0
2005337	83.05	0.75	14.8	15.67	7.35	0.0094
2005338	73.04	0.25	15.38	16.86	9.62	0.11
2005339	53.55	0.59	15.34	16.67	8.47	0.0286
2005340	53.47	0.08	15.96	17.37	8.32	0.019
2005341	59.65	0.8	17	18.35	7.76	0.0266
2005342	80.85	0.41	17.94	18.24	8.94	0.0072
2005343	79.13	0.63	17.12	17.37	10.01	0.029
2005344	48.5	0.75	17.23	16.82	10.35	0.0068
2005345	52.22	0.75	16.56	16.7	10.94	0
2005346	44.4	0.75	18.06	18.17	10.91	0.0032
2005347	122.59	0.78	16.06	15.24	10.31	0
2005348	133.8	0.68	15.84	14.94	10.4	0
2005349	122	0.41	15.36	15.11	8.02	0
2005350	57.43	0.6	15.02	15.65	8.38	0.0024
2005351	62.75	0.8	13.51	14.04	6.6	0
2005352	64.82	0.41	13.21	14.05	6.27	0.0016
2005353	51.05	0.6	13.42	13.62	6.23	0
2005354	30.58	0.8	14.19	13.96	7.4	0
2005355	70.57	0.75	13.59	13.67	6.67	0
2005356	80.89	0.66	15.59	14.31	7.55	0
2005357	57.65	0.4	16.1	16.09	9.64	0
2005358	67.77	0.53	15	15.26	8.75	0
2005359	94	0.35	13.12	12.42	7.75	0
2005360	68.79	0.5	13.3	14.06	7.54	0
2005361	89.09	0.8	13.17	11.75	8.6	0
2005362	75.91	0.75	12.29	11.79	7.32	0
2005363	60.25	0.25	12.54	12.7	6.57	0
2005364	73.05	0.59	14.45	14.03	6.92	0
2005365	91.56	0.08	13.27	14.7	6.13	0
2006001	84.11	0.25	15.37	15.2	8.84	0
2006002	83.05	0.59	17.42	16	10.06	0
2006003	71.78	0.08	18.08	16.11	10.36	0
2006004	82.71	0.8	18.06	17.23	11.27	0
2006005	82.89	0.41	15.86	14.56	9.87	0
2006006	72.97	0.63	13.39	12.54	8.47	0
2006007	53.81	0.75	14.27	14.59	9.6	0
2006008	65.05	0.75	14.8	12.63	12.52	0
2006009	77	0.75	15.28	15.15	11.26	0
2006010	114.66	0.78	15	15	8.24	0
2006011	82.88	0.68	15.49	15.25	9.84	0
2006012	100.32	0.41	16.24	15.1	10.14	0
2006013	108.03	0.6	15.13	13.11	9.72	0
2006014	43.04	0.8	16.52	15.62	11.51	0
2006015	93.19	0.75	14.81	12.43	10.71	0
2006016	67.24	0.66	15.33	13.06	10.39	0
2006017	107.05	0.4	16.26	15.1	13.55	0
2006018	129.3	0.53	15.88	16.05	13.37	0.0088
2006019	89.67	0.35	16.44	15.71	11.08	0.0004
2006020	83.13	0.5	16.76	15.17	10.81	0.0004
2006021	104.88	0.8	16.18	14.94	9.66	0.0016
2006022	131.17	0.75	17.35	14.44	11.49	0
2006023	53.46	0.25	17.91	17.23	12.07	0.0436
2006024	97.29	0.59	16.87	15.79	10.23	0.0066
2006025	47.23	0.08	14.57	7.89	9.51	0.003
2006026	55.28	0.8	14.82	15.56	8.28	0
2006027	100.32	0.41	15.8	13.7	12.41	0
2006028	108.03	0.63	14.3	12.18	9.11	0
2006029	43.04	0.75	14.3	12.15	9	0
2006030	100.32	0.75	14.25	12.55	9.67	0
2006031	108.03	0.75	15.14	13.61	9.35	0
2006032	43.04	0.78	14.95	13.33	8.95	0
2006033	93.19	0.68	13.39	13.02	9.15	0.003
2006034	67.24	0.41	14.82	13.68	8.98	0
2006035	107.05	0.6	14.24	14.09	8.51	0.0008
2006036	129.3	0.8	15.28	14.36	9.95	0.0008
2006037	89.67	0.75	13.28	12.02	9.7	0.0016

2006038	100.32	0.66	14.02	14.38	9.15	0.0068
2006039	108.03	0.4	16.42	16.46	11.6	0.0216
2006040	43.04	0.53	15.21	13.44	10.58	0
2006041	93.19	0.35	14.65	13.06	9.4	0.0002
2006042	67.24	0.5	15.04	13.17	9.2	0
2006043	112.05	0.8	13.36	13.26	9.19	0
2006044	134.3	0.75	15.43	15.05	11.34	0.008
2006045	94.67	0.25	15.18	14.63	16.31	0.0076
2006046	88.13	0.59	15.33	13.68	13.12	0.0002
2006047	109.88	0.08	15.61	14.62	11.37	0
2006048	39.97	0.8	15.41	13.59	10.37	0
2006049	66.4	0.41	14.91	13.48	11.76	0.0002
2006050	106.91	0.63	14.96	14.18	14.21	0.0032
2006051	72.69	0.75	14.52	13.7	10.12	0
2006052	131.08	0.75	14.71	13.33	10.45	0.001
2006053	147.21	0.75	15.42	13.4	12.16	0.0004
2006054	82.53	0.78	15.57	14.8	11.47	0.0172
2006055	110.21	0.68	15.91	15.04	9.39	0.0014
2006056	64.04	0.41	15.63	14.57	10.75	0.0286
2006057	50.35	0.6	12.62	11.98	13.53	0.0236
2006058	118.18	0.8	12.06	9	14.94	0.001
2006059	159.55	0.75	11.47	8.15	10.81	0
2006060	85.35	0.66	11.2	8.53	10.42	0.0006
2006061	92.49	0.4	11.6	9.07	16.05	0.0048
2006062	150.81	0.53	11.73	8.96	11.26	0.0034
2006063	114.33	0.35	11.44	9.52	9.66	0
2006064	78.81	0.5	13.04	9.86	13.68	0.0138
2006065	65.85	0.8	14.44	13.51	13.15	0.0634
2006066	172.38	0.75	14.2	12.51	9.89	0
2006067	93.44	0.25	13.87	12.69	13.03	0.0336
2006068	141.43	0.59	15.6	14.89	12.22	0
2006069	60.3	0.08	15.13	15.07	13.8	0.0022
2006070	87.51	0.8	14.13	14.35	12.76	0.023
2006071	100.23	0.41	14.53	14.61	10.08	0.0014
2006072	182.63	0.63	14.15	12.75	10.25	0.0034
2006073	92.47	0.75	15.27	15.69	13.82	0.0056
2006074	65.79	0.75	15.59	15.87	14.33	0.0012
2006075	73.8	0.75	15.86	16.21	13.1	0.0032
2006076	63.18	0.78	15.23	15.23	13.09	0.0684
2006077	95.39	0.68	12.98	11.78	13.03	0.0208
2006078	148.69	0.41	13.65	12.26	12.48	0.0408
2006079	114.67	0.6	12.76	12.21	9.88	0.0044
2006080	114.98	0.8	13.04	11.02	12.16	0.0058
2006081	109.98	0.75	13.1	11.74	12.36	0.0118
2006082	105.65	0.66	13.84	13.06	13.2	0.0546
2006083	77.86	0.4	12.68	10.81	14.68	0.0148
2006084	175.03	0.53	12.17	9.58	13.99	0.0016
2006085	167.65	0.35	13.1	10.91	12.4	0.0118
2006086	117.89	0.5	15.08	15.7	13.7	0.0046
2006087	93.66	0.8	15.08	15.29	11.99	0.011
2006088	85.89	0.75	14.54	14.52	12.44	0
2006089	128.97	0.25	13.79	12.42	12.16	0
2006090	173.33	0.59	14.19	13.05	12.13	0
2006091	193.2	0.08	12	11.62	6.69	0
2006092	127.08	0.8	12.21	12.19	6.54	0
2006093	140.88	0.41	14.7	12.62	7.62	0
2006094	70.86	0.63	15.5	13.33	10.55	0
2006095	74.24	0.75	15.08	13.75	9.48	0.0064
2006096	107.43	0.75	14.52	14.17	8.68	0.0014
2006097	73.39	0.75	14.39	14.67	9.15	0.0144
2006098	53.02	0.78	14.47	14.27	9.24	0.0254
2006099	106.99	0.68	13.77	12.02	10.27	0.0008
2006100	103.01	0.41	13.41	11.4	7.83	0
2006101	180.35	0.6	12.99	11.04	8.64	0
2006102	142.26	0.8	12.92	10.46	11.34	0
2006103	146.88	0.75	12.18	10.23	8.07	0.0016
2006104	116.07	0.66	13.67	12.92	7.59	0.0024
2006105	223.64	0.4	14.33	12.92	8.21	0
2006106	184.4	0.53	13.42	12.92	7.79	0
2006107	64.94	0.35	14.02	13.89	9.26	0.0142
2006108	218.21	0.5	12.75	10.56	7.14	0
2006109	226.28	0.8	13.83	13.08	8.27	0.0014
2006110	88.38	0.75	15.73	16.49	9.63	0.0014
2006111	226.56	0.25	15.16	14.03	8.69	0.0336
2006112	167.95	0.59	14.52	13.45	7.21	0
2006113	205.94	0.08	14.37	13.4	7.25	0
2006114	229.49	0.8	14.5	13	5.91	0
2006115	126.25	0.41	14.6	13.85	6.92	0.0004
2006116	212.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2006117	34.31	0.75	16.81	18.48	9.8	0.0372
2006118	44.65	0.75	16.68	18.25	8.22	0.0328
2006119	94.59	0.75	15.56	16.42	8.23	0.0212
2006120	168.69	0.78	13.93	13.52	8.76	0.015
2006121	189.43	0.68	14.58	13.79	5	0.0038
2006122	222.82	0.41	14.02	12.41	2.81	0
2006123	209.99	0.6	12.95	12.75	3.18	0

2006124	176.79	0.8	14.01	12.51	5.77	0
2006125	100.19	0.75	14.28	14.14	7.32	0.0086
2006126	137.82	0.66	14.63	14.1	5.81	0
2006127	64.03	0.4	15.68	16.78	5.91	0.0684
2006128	105.29	0.53	15.1	15.63	5.97	0.0574
2006129	73.8	0.35	14.72	15.26	5.85	0.0412
2006130	100.23	0.5	15.11	15.98	4.79	0.0002
2006131	158.77	0.8	14.66	14.59	3.43	0
2006132	159.32	0.75	14.56	13.9	3.81	0
2006133	219.38	0.25	13.61	13.06	2.55	0
2006134	169.14	0.25	15.35	15.38	3.38	0.0018
2006135	115.49	0.25	17.34	18.15	3.79	0
2006136	244.51	0.25	18.19	17.66	2.08	0
2006137	134.74	0.25	17.51	17.3	2.94	0
2006138	98.17	0.25	17.45	18.65	4.38	0.0002
2006139	94.79	0.25	17.59	18.58	4.13	0.0012
2006140	224.13	0.25	17.46	17.04	1.96	0
2006141	267.52	0.25	16.34	14.8	1.95	0
2006142	204.98	0.25	15.73	13.8	2.05	0
2006143	126.25	0.25	17.12	16.24	4.56	0.0002
2006144	65.15	0.25	18.2	19.89	6.1	0.0116
2006145	69.32	0.25	18.26	20.02	5.35	0.1742
2006146	219.39	0.25	15.59	14.76	3.39	0.0082
2006147	222.8	0.25	15.18	13.72	2.61	0.0006
2006148	283.09	0.25	13.88	13.45	1.88	0
2006149	240.75	0.25	14.61	13.79	2.06	0
2006150	114.63	0.25	15.37	14.65	1.51	0
2006151	155.44	0.25	15.01	15.19	1.56	0
2006152	270.68	0.25	15.98	15.71	2.23	0
2006153	104.22	0.25	17.47	18.23	2.56	0.0044
2006154	129.28	0.25	18.46	18.9	3.05	0.0064
2006155	249.85	0.59	18.65	17.69	5.08	0
2006156	212.92	0.08	18.76	17.87	3.05	0
2006157	145.91	0.8	18	16.49	1.87	0
2006158	165.59	0.41	17.75	17.35	1.77	0
2006159	181.71	0.63	17.46	16.77	1.71	0
2006160	259.15	0.75	17.79	16.52	2.72	0.0008
2006161	136	0.75	17.51	17.48	2.64	0.0016
2006162	188.99	0.75	17.58	17.16	2.51	0
2006163	189.69	0.78	18.05	18.5	3.2	0.0044
2006164	65.23	0.68	18.48	19.98	4.85	0.0166
2006165	170.61	0.41	18.29	19.3	4.22	0.004
2006166	56.02	0.6	19.82	22.21	6.93	0.0014
2006167	88.65	0.8	19.71	21.89	6.66	0.001
2006168	112.71	0.75	18.48	19.76	3.62	0.2116
2006169	262.52	0.66	17.46	16.47	2.47	0
2006170	201.36	0.4	17.23	15.83	2.65	0
2006171	106.77	0.53	16.68	16.27	1.89	0
2006172	234.8	0.35	17.36	16.63	2.1	0
2006173	244.6	0.5	19.51	18.65	2.59	0
2006174	144.22	0.8	20.13	20.6	2.42	0.0002
2006175	255.68	0.75	18.74	18.93	3.08	0.002
2006176	139.49	0.75	18.07	17.41	3.91	0
2006177	154.8	0.75	17.73	16.25	4.09	0
2006178	157.18	0.75	17.75	16.01	3.02	0
2006179	229.18	0.75	17.37	16.17	2.24	0
2006180	107.85	0.75	18.93	19.4	2.57	0.0082
2006181	165.47	0.75	19.61	20.5	1.65	0.0058
2006182	218.09	0.75	18.7	18	1.85	0
2006183	137.68	0.75	19.2	19.8	2.32	0
2006184	230.48	0.75	19.07	18.83	3.92	0.0034
2006185	175.31	0.25	19.36	16.36	4.37	0
2006186	154.15	0.2	19.29	17.13	3.05	0
2006187	163.57	0.25	19.27	17.28	3.58	0
2006188	136.79	0.59	19.9	19.61	3.91	0.0082
2006189	139.26	0.08	19.82	19.3	4.17	0.0056
2006190	154.29	0.8	19.96	18.64	3.5	0.0004
2006191	187.54	0.41	19.14	18.58	2.25	0
2006192	138.02	0.63	19.26	19.16	2.72	0.0004
2006193	142.01	0.75	19.14	19.05	3.5	0.003
2006194	64.63	0.75	19.39	20.13	4.34	0
2006195	170.5	0.75	19.43	19.09	3.84	0
2006196	134.84	0.78	19.73	19.76	2.98	0
2006197	153.79	0.68	19.56	20.03	2.21	0.0002
2006198	154.81	0.41	20.07	19.87	2.62	0.0012
2006199	195.14	0.6	19.85	19.71	2.89	0.0052
2006200	166.4	0.8	20.71	19.18	2.33	0
2006201	201.08	0.75	22.11	21.03	2.98	0
2006202	267.72	0.66	22.2	21.68	2.95	0
2006203	128.74	0.4	21.96	23.39	2.28	0
2006204	131.29	0.53	22.19	24.59	2.64	0.0082
2006205	104.95	0.35	21.7	23.89	4.05	0.0014
2006206	139.83	0.5	20.93	21.86	3.62	0.0015
2006207	174.72	0.8	20.16	19.96	3.2	0.0016
2006208	186.55	0.75	19.88	19.13	2.24	0.0026
2006209	142.52	0.25	18.82	17.92	1.69	0

2006210	119.42	0.25	18.29	17.56	1.56	0
2006211	175.05	0.25	18.43	18.25	1.68	0
2006212	200.32	0.25	19.52	19.05	1.8	0
2006213	232.23	0.25	21.93	22.23	1.98	0
2006214	156.79	0.25	22.16	23.05	3.11	0.0052
2006215	179.6	0.25	21.75	22.67	5.18	0.0018
2006216	149.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2006217	194.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2006218	208.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2006219	104.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2006220	55.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2006221	128.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2006222	132.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2006223	210.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2006224	179.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2006225	121.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2006226	208.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2006227	193.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2006228	240.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2006229	234.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2006230	242.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0
2006231	152.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0
2006232	222.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0
2006233	176.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2006234	205.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2006235	128.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2006236	124.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2006237	109.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2006238	150.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2006239	82.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2006240	191.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2006241	157.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2006242	213.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2006243	226.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2006244	195.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2006245	71.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2006246	33.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2006247	75.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2006248	71.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2006249	183.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2006250	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2006251	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2006252	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2006253	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2006254	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2006255	70.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2006256	152.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2006257	183.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2006258	186.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2006259	139.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2006260	268.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2006261	210.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2006262	225.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2006263	162.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2006264	206.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2006265	147.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2006266	188.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2006267	151.07	0.75	20.43	21.23	4.81	0
2006268	208.33	0.66	19.37	17.54	4.78	0
2006269	132.17	0.4	22.37	23.17	5.72	0
2006270	145.07	0.53	21.5	23.14	5.25	0.011
2006271	197.97	0.35	21.24	20.61	5.58	0
2006272	154.57	0.5	20.16	19.42	4.75	0
2006273	197.01	0.8	19.62	19.34	5.1	0
2006274	92.57	0.75	19.57	20.41	5.27	0
2006275	121.21	0.75	19.78	20.17	3.89	0
2006276	150.22	0.75	20.37	18.78	4.09	0
2006277	67.16	0.75	20.66	20.74	5.75	0
2006278	164.7	0.75	19.97	18.93	6	0
2006279	107.57	0.75	18.05	17.7	6.45	0.0018
2006280	105.25	0.75	19.73	20.23	7.81	0.0002
2006281	46.6	0.75	19.89	21.73	8.29	0
2006282	52.85	0.75	18.68	20.18	6.39	0
2006283	83.83	0.75	18.57	18.87	5.17	0
2006284	149.44	0.25	16.64	15.14	4.88	0
2006285	120.42	0.59	16.31	13.83	3.84	0
2006286	91.11	0.08	19.65	19.48	7.84	0
2006287	103.03	0.8	18.16	18.45	5.41	0.0008
2006288	167.89	0.41	17.32	15.29	4.88	0
2006289	140.49	0.63	16.66	14.94	4.53	0
2006290	107.6	0.75	16.01	15.24	4.57	0
2006291	61.52	0.75	19.41	21.85	5.49	0
2006292	83.28	0.75	19.71	21.65	4.28	0
2006293	100.31	0.78	19.89	20.7	4.96	0
2006294	136.31	0.68	19.41	19.36	5.65	0
2006295	161.39	0.41	18.24	17.31	4.13	0

2006296	58.4	0.6	19.45	20.57	7.64	0.0144
2006297	120.34	0.8	19.11	19.77	4.5	0
2006298	48.91	0.75	18.65	20	8.03	0.0144
2006299	119.15	0.66	16.33	14.31	8.2	0.0008
2006300	120.59	0.4	16.41	14.79	6.32	0.0004
2006301	45.88	0.53	18.93	19.89	7.78	0.0014
2006302	110.56	0.35	16.86	15.67	7.58	0.0028
2006303	100.27	0.5	16.66	14.92	7.73	0.0006
2006304	62.73	0.8	17.94	18.73	7.96	0.0324
2006305	74.77	0.75	19.07	19.47	11.11	0.0064
2006306	114.25	0.25	16.73	14.02	8.7	0
2006307	143.03	0.25	14.8	12.24	7.26	0.0002
2006308	113.72	0.25	14.41	14.16	7.44	0
2006309	75.56	0.25	17.79	18.02	8.48	0.0004
2006310	100.2	0.25	16.69	17.65	7.16	0.015
2006311	111.75	0.25	16.33	16.98	7.94	0.0074
2006312	225.83	0.25	14.13	12.14	8.69	0.0224
2006313	108.27	0.25	14.03	13.33	6.71	0
2006314	79.55	0.25	17.07	15.56	7.04	0.0002
2006315	127.51	0.25	16.19	15.62	6.52	0
2006316	121.32	0.25	15.51	15.13	9.4	0.0124
2006317	86.28	0.59	15.14	14.07	10.81	0.0006
2006318	76.54	0.08	14.7	14.47	9.94	0.0072
2006319	170.3	0.8	14.91	14.23	8.96	0.0032
2006320	65.94	0.41	15.11	14.99	7.74	0.0008
2006321	82.29	0.63	14.45	14.53	8.57	0.0454
2006322	77.26	0.75	13.58	12.14	8.77	0.0098
2006323	83.94	0.75	14.01	12.69	9.33	0.007
2006324	59.41	0.75	14.62	14.24	8.9	0.0078
2006325	53.01	0.78	15.53	15.96	8.87	0.0002
2006326	155.82	0.68	15.56	15.71	9.42	0.0071
2006327	48.08	0.41	16.47	16.98	11.88	0.0004
2006328	54.88	0.6	16.31	16.38	11.84	0
2006329	90.89	0.8	15.62	14.2	9.25	0
2006330	68.08	0.75	13.74	13.2	10.34	0.0054
2006331	91.76	0.66	12.88	13.26	10.42	0.0254
2006332	72.58	0.4	13.74	13.32	11.7	0.0018
2006333	162.7	0.53	13.33	12.79	9.73	0.0029
2006334	94.33	0.35	11.7	12.84	8.36	0
2006335	71.65	0.5	14.89	15.47	9.92	0.0028
2006336	116.57	0.8	14.63	14.44	8.52	0
2006337	83.05	0.75	14.8	15.67	9.35	0.0094
2006338	73.04	0.25	15.38	16.86	11.62	0.11
2006339	53.55	0.59	15.34	16.67	10.47	0.0286
2006340	53.47	0.08	15.96	17.37	10.32	0.019
2006341	59.65	0.8	17	18.35	9.76	0.0266
2006342	80.85	0.41	17.94	18.24	10.94	0.0072
2006343	79.13	0.63	17.12	17.37	12.01	0.029
2006344	48.5	0.75	17.23	16.82	12.35	0.0068
2006345	52.22	0.75	16.56	16.7	12.94	0
2006346	44.4	0.75	18.06	18.17	12.91	0.0032
2006347	122.59	0.78	16.06	15.24	12.31	0
2006348	133.8	0.68	15.84	14.94	12.4	0
2006349	122	0.41	15.36	15.11	10.02	0
2006350	57.43	0.6	15.02	15.65	10.38	0.0024
2006351	62.75	0.8	13.51	14.04	8.6	0
2006352	64.82	0.41	13.21	14.05	8.27	0.0016
2006353	51.05	0.6	13.42	13.62	8.23	0
2006354	30.58	0.8	14.19	13.96	9.4	0
2006355	70.57	0.75	13.59	13.67	8.67	0
2006356	80.89	0.66	15.59	14.31	9.55	0
2006357	57.65	0.4	16.1	16.09	11.64	0
2006358	67.77	0.53	15	15.26	10.75	0
2006359	94	0.35	13.12	12.42	9.75	0
2006360	68.79	0.5	13.3	14.06	9.54	0
2006361	89.09	0.8	13.17	11.75	10.6	0
2006362	75.91	0.75	12.29	11.79	9.32	0
2006363	60.25	0.25	12.54	12.7	8.57	0
2006364	73.05	0.59	14.45	14.03	8.92	0
2006365	91.56	0.08	13.27	14.7	8.13	0
2007001	84.11	0.25	14.37	14.2	9.84	0
2007002	84.11	0.25	14.37	14.2	7.84	0
2007003	83.05	0.59	16.42	15	9.06	0
2007004	71.78	0.08	17.08	15.11	9.36	0
2007005	82.71	0.8	17.06	16.23	10.27	0
2007006	82.89	0.41	14.86	13.56	8.87	0
2007007	72.97	0.63	12.39	11.54	7.47	0
2007008	53.81	0.75	13.27	13.59	8.6	0
2007009	65.05	0.75	13.8	11.63	11.52	0
2007010	77	0.75	14.28	14.15	10.26	0
2007011	114.66	0.78	14	14	7.24	0
2007012	82.88	0.68	14.49	14.25	8.84	0
2007013	100.32	0.41	15.24	14.1	9.14	0
2007014	108.03	0.6	14.13	12.11	8.72	0
2007015	43.04	0.8	15.52	14.62	10.51	0
2007016	93.19	0.75	13.81	11.43	9.71	0

2007017	67.24	0.66	14.33	12.06	9.39	0
2007018	107.05	0.4	15.26	14.1	12.55	0
2007019	129.3	0.53	14.88	15.05	12.37	0.0088
2007020	89.67	0.35	15.44	14.71	10.08	0.0004
2007021	83.13	0.5	15.76	14.17	9.81	0.0004
2007022	104.88	0.8	15.18	13.94	8.66	0.0016
2007023	131.17	0.75	16.35	13.44	10.49	0
2007024	53.46	0.25	16.91	16.23	11.07	0.0436
2007025	97.29	0.59	15.87	14.79	9.23	0.0066
2007026	47.23	0.08	13.57	6.89	8.51	0.003
2007027	55.28	0.8	13.82	14.56	7.28	0
2007028	100.32	0.41	14.8	12.7	11.41	0
2007029	108.03	0.63	13.3	11.18	8.11	0
2007030	43.04	0.75	13.3	11.15	8	0
2007031	100.32	0.75	13.25	11.55	8.67	0
2007032	108.03	0.75	14.14	12.61	8.35	0
2007033	43.04	0.78	13.95	12.33	7.95	0
2007034	93.19	0.68	12.39	12.02	8.15	0.003
2007035	67.24	0.41	13.82	12.68	7.98	0
2007036	107.05	0.6	13.24	13.09	7.51	0.0008
2007037	129.3	0.8	14.28	13.36	8.95	0.0008
2007038	89.67	0.75	12.28	11.02	8.7	0.0016
2007039	100.32	0.66	13.02	13.38	8.15	0.0068
2007040	108.03	0.4	15.42	15.46	10.6	0.0216
2007041	43.04	0.53	14.21	12.44	9.58	0
2007042	93.19	0.35	13.65	12.06	8.4	0.0002
2007043	67.24	0.5	14.04	12.17	8.2	0
2007044	107.05	0.8	12.36	12.26	8.19	0
2007045	129.3	0.75	14.43	14.05	10.34	0.008
2007046	89.67	0.25	14.18	13.63	15.31	0.0076
2007047	83.13	0.59	14.33	12.68	12.12	0.0002
2007048	104.88	0.08	14.61	13.62	10.37	0
2007049	34.97	0.8	14.41	12.59	9.37	0
2007050	61.4	0.41	13.91	12.48	10.76	0.0002
2007051	101.91	0.63	13.96	13.18	13.21	0.0032
2007052	67.69	0.75	13.52	12.7	9.12	0
2007053	126.08	0.75	13.71	12.33	9.45	0.001
2007054	142.21	0.75	14.42	12.4	11.16	0.0004
2007055	77.53	0.78	14.57	13.8	10.47	0.0172
2007056	105.21	0.68	14.91	14.04	8.39	0.0014
2007057	59.04	0.41	14.63	13.57	9.75	0.0286
2007058	45.35	0.6	13.62	13.98	12.53	0.0236
2007059	113.18	0.8	13.06	11	13.94	0.001
2007060	154.55	0.75	12.47	10.15	9.81	0
2007061	80.35	0.66	12.2	10.53	9.42	0.0006
2007062	87.49	0.4	12.6	11.07	15.05	0.0048
2007063	145.81	0.53	12.73	10.96	10.26	0.0034
2007064	109.33	0.35	12.44	11.52	8.66	0
2007065	73.81	0.5	14.04	11.86	12.68	0.0138
2007066	60.85	0.8	15.44	15.51	12.15	0.0634
2007067	167.38	0.75	15.2	14.51	8.89	0
2007068	88.44	0.25	14.87	14.69	12.03	0.0336
2007069	136.43	0.59	16.6	16.89	11.22	0
2007070	55.3	0.08	16.13	17.07	12.8	0.0022
2007071	82.51	0.8	15.13	16.35	11.76	0.023
2007072	95.23	0.41	15.53	16.61	9.08	0.0014
2007073	177.63	0.63	15.15	14.75	9.25	0.0034
2007074	87.47	0.75	16.27	17.69	12.82	0.0056
2007075	60.79	0.75	16.59	17.87	13.33	0.0012
2007076	68.8	0.75	16.86	18.21	12.1	0.0032
2007077	58.18	0.78	16.23	17.23	12.09	0.0684
2007078	90.39	0.68	13.98	13.78	12.03	0.0208
2007079	143.69	0.41	14.65	14.26	11.48	0.0408
2007080	109.67	0.6	13.76	14.21	8.88	0.0044
2007081	109.98	0.8	14.04	13.02	11.16	0.0058
2007082	104.98	0.75	14.1	13.74	11.36	0.0118
2007083	100.65	0.66	14.84	15.06	12.2	0.0546
2007084	72.86	0.4	13.68	12.81	13.68	0.0148
2007085	170.03	0.53	13.17	11.58	12.99	0.0016
2007086	162.65	0.35	14.1	12.91	11.4	0.0118
2007087	112.89	0.5	16.08	17.7	12.7	0.0046
2007088	88.66	0.8	16.08	17.29	10.99	0.011
2007089	80.89	0.75	15.54	16.52	11.44	0
2007090	123.97	0.25	14.79	14.42	11.16	0
2007091	168.33	0.59	15.19	15.05	11.13	0
2007092	188.2	0.08	13	13.62	5.69	0
2007093	122.08	0.8	13.21	14.19	5.54	0
2007094	135.88	0.41	15.7	14.62	6.62	0
2007095	65.86	0.63	16.5	15.33	9.55	0
2007096	69.24	0.75	16.08	15.75	8.48	0.0064
2007097	102.43	0.75	15.52	16.17	7.68	0.0014
2007098	68.39	0.75	15.39	16.67	8.15	0.0144
2007099	48.02	0.78	15.47	16.27	8.24	0.0254
2007100	101.99	0.68	14.77	14.02	9.27	0.0008
2007101	98.01	0.41	14.41	13.4	6.83	0
2007102	175.35	0.6	13.99	13.04	7.64	0

2007103	137.26	0.8	13.92	12.46	10.34	0
2007104	141.88	0.75	13.18	12.23	7.07	0.0016
2007105	111.07	0.66	14.67	14.92	6.59	0.0024
2007106	218.64	0.4	15.33	14.92	7.21	0
2007107	179.4	0.53	14.42	14.92	6.79	0
2007108	59.94	0.35	15.02	15.89	8.26	0.0142
2007109	213.21	0.5	13.75	12.56	6.14	0
2007110	221.28	0.8	14.83	15.08	7.27	0.0014
2007111	83.38	0.75	16.73	18.49	9.63	0.0014
2007112	221.56	0.25	16.16	16.03	8.69	0.0336
2007113	162.95	0.59	15.52	15.45	7.21	0
2007114	200.94	0.08	15.37	15.4	7.25	0
2007115	224.49	0.8	15.5	15	5.91	0
2007116	121.25	0.41	15.6	15.85	6.92	0.0004
2007117	207.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2007118	29.31	0.75	16.81	18.48	10.8	0.0372
2007119	39.65	0.75	16.68	18.25	9.22	0.0328
2007120	89.59	0.75	15.56	16.42	9.23	0.0212
2007121	163.69	0.78	13.93	13.52	9.76	0.015
2007122	184.43	0.68	14.58	13.79	6	0.0038
2007123	217.82	0.41	14.02	12.41	3.81	0
2007124	204.99	0.6	12.95	12.75	4.18	0
2007125	171.79	0.8	14.01	12.51	6.77	0
2007126	95.19	0.75	14.28	14.14	8.32	0.0086
2007127	132.82	0.66	14.63	14.1	6.81	0
2007128	59.03	0.4	15.68	16.78	6.91	0.0684
2007129	100.29	0.53	15.1	15.63	6.97	0.0574
2007130	68.8	0.35	14.72	15.26	6.85	0.0412
2007131	95.23	0.5	15.11	15.98	5.79	0.0002
2007132	153.77	0.8	14.66	14.59	4.43	0
2007133	154.32	0.75	14.56	13.9	4.81	0
2007134	214.38	0.25	13.61	13.06	3.55	0
2007135	164.14	0.25	15.35	15.38	4.38	0.0018
2007136	110.49	0.25	17.34	18.15	4.79	0
2007137	239.51	0.25	18.19	17.66	3.08	0
2007138	129.74	0.25	17.51	17.3	3.94	0
2007139	93.17	0.25	17.45	18.65	5.38	0.0002
2007140	89.79	0.25	17.59	18.58	5.13	0.0012
2007141	219.13	0.25	17.46	17.04	2.96	0
2007142	262.52	0.25	16.34	14.8	2.95	0
2007143	199.98	0.25	15.73	13.8	3.05	0
2007144	121.25	0.25	17.12	16.24	5.56	0.0002
2007145	60.15	0.25	18.2	19.89	7.1	0.0116
2007146	64.32	0.25	18.26	20.02	6.35	0.1742
2007147	214.39	0.25	15.59	14.76	4.39	0.0082
2007148	217.8	0.25	15.18	13.72	3.61	0.0006
2007149	278.09	0.25	13.88	13.45	2.88	0
2007150	235.75	0.25	14.61	13.79	3.06	0
2007151	109.63	0.25	15.37	14.65	2.51	0
2007152	150.44	0.25	15.01	15.19	2.56	0
2007153	265.68	0.25	15.98	15.71	3.23	0
2007154	99.22	0.25	17.47	18.23	3.56	0.0044
2007155	124.28	0.25	18.46	18.9	4.05	0.0064
2007156	244.85	0.59	18.65	17.69	6.08	0
2007157	207.92	0.08	18.76	17.87	4.05	0
2007158	140.91	0.8	18	16.49	2.87	0
2007159	160.59	0.41	17.75	17.35	2.77	0
2007160	181.71	0.63	17.46	16.77	2.71	0
2007161	259.15	0.75	17.79	16.52	3.72	0.0008
2007162	136	0.75	17.51	17.48	3.64	0.0016
2007163	188.99	0.75	17.58	17.16	3.51	0
2007164	189.69	0.78	18.05	18.5	4.2	0.0044
2007165	65.23	0.68	18.48	19.98	5.85	0.0166
2007166	170.61	0.41	18.29	19.3	5.22	0.004
2007167	56.02	0.6	19.82	22.21	7.93	0.0014
2007168	88.65	0.8	19.71	21.89	7.66	0.001
2007169	112.71	0.75	18.48	19.76	4.62	0.2116
2007170	262.52	0.66	17.46	16.47	3.47	0
2007171	201.36	0.4	17.23	15.83	3.65	0
2007172	106.77	0.53	16.68	16.27	2.89	0
2007173	234.8	0.35	17.36	16.63	3.1	0
2007174	244.6	0.5	19.51	18.65	3.59	0
2007175	144.22	0.8	20.13	20.6	3.42	0.0002
2007176	255.68	0.75	18.74	18.93	4.08	0.002
2007177	139.49	0.75	18.07	17.41	4.91	0
2007178	154.8	0.75	17.73	16.25	5.09	0
2007179	157.18	0.75	17.75	16.01	4.02	0
2007180	229.18	0.75	17.37	16.17	3.24	0
2007181	107.85	0.75	18.93	19.4	3.57	0.0082
2007182	165.47	0.75	19.61	20.5	2.65	0.0058
2007183	218.09	0.75	18.7	18	2.85	0
2007184	137.68	0.75	19.2	19.8	3.32	0
2007185	230.48	0.75	19.07	18.83	4.92	0.0034
2007186	175.31	0.25	19.36	16.36	5.37	0
2007187	154.15	0.2	19.29	17.13	4.05	0
2007188	163.57	0.25	19.27	17.28	4.58	0

2007189	136.79	0.59	19.9	19.61	4.91	0.0082
2007190	139.26	0.08	19.82	19.3	5.17	0.0056
2007191	154.29	0.8	19.96	18.64	4.5	0.0004
2007192	187.54	0.41	19.14	18.58	3.25	0
2007193	138.02	0.63	19.26	19.16	3.72	0.0004
2007194	142.01	0.75	19.14	19.05	4.5	0.003
2007195	64.63	0.75	19.39	20.13	5.34	0
2007196	170.5	0.75	19.43	19.09	4.84	0
2007197	134.84	0.78	19.73	19.76	3.98	0
2007198	153.79	0.68	19.56	20.03	3.21	0.0002
2007199	154.81	0.41	20.07	19.87	3.62	0.0012
2007200	195.14	0.6	19.85	19.71	3.89	0.0052
2007201	166.4	0.8	20.71	19.18	3.33	0
2007202	201.08	0.75	22.11	21.03	3.98	0
2007203	267.72	0.66	22.2	21.68	3.95	0
2007204	128.74	0.4	21.96	23.39	3.28	0
2007205	131.29	0.53	22.19	24.59	3.64	0.0082
2007206	104.95	0.35	21.7	23.89	5.05	0.0014
2007207	144.83	0.5	20.93	21.86	4.62	0.0015
2007208	179.72	0.8	20.16	19.96	4.2	0.0016
2007209	191.55	0.75	19.88	19.13	3.24	0.0026
2007210	147.52	0.25	18.82	17.92	2.69	0
2007211	124.42	0.25	18.29	17.56	2.56	0
2007212	180.05	0.25	18.43	18.25	2.68	0
2007213	205.32	0.25	19.52	19.05	2.8	0
2007214	237.23	0.25	21.93	22.23	2.98	0
2007215	161.79	0.25	22.16	23.05	4.11	0.0052
2007216	184.6	0.25	21.75	22.67	6.18	0.0018
2007217	154.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2007218	199.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2007219	213.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2007220	109.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2007221	60.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2007222	133.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2007223	137.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2007224	215.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2007225	184.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2007226	126.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2007227	213.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2007228	198.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2007229	245.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2007230	239.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2007231	247.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0
2007232	157.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0
2007233	227.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0
2007234	181.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2007235	210.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2007236	133.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2007237	129.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2007238	114.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2007239	155.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2007240	87.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2007241	196.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2007242	162.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2007243	218.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2007244	231.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2007245	200.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2007246	76.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2007247	38.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2007248	80.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2007249	76.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2007250	188.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2007251	188.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2007252	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2007253	188.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2007254	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2007255	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2007256	75.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2007257	157.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2007258	188.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2007259	191.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2007260	144.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2007261	273.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2007262	215.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2007263	230.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2007264	167.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2007265	211.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2007266	152.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2007267	193.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2007268	156.07	0.75	20.43	21.23	3.81	0
2007269	213.33	0.66	19.37	17.54	3.78	0
2007270	137.17	0.4	22.37	23.17	4.72	0
2007271	150.07	0.53	21.5	23.14	4.25	0.011
2007272	202.97	0.35	21.24	20.61	4.58	0
2007273	159.57	0.5	20.16	19.42	3.75	0
2007274	202.01	0.8	19.62	19.34	4.1	0

2007275	92.57	0.75	19.57	20.41	4.27	0
2007276	121.21	0.75	19.78	20.17	2.89	0
2007277	150.22	0.75	20.37	18.78	3.09	0
2007278	67.16	0.75	20.66	20.74	4.75	0
2007279	164.7	0.75	19.97	18.93	5	0
2007280	107.57	0.75	18.05	17.7	5.45	0.0018
2007281	105.25	0.75	19.73	20.23	6.81	0.0002
2007282	46.6	0.75	19.89	21.73	7.29	0
2007283	52.85	0.75	18.68	20.18	5.39	0
2007284	83.83	0.75	18.57	18.87	4.17	0
2007285	149.44	0.25	16.64	15.14	3.88	0
2007286	120.42	0.59	16.31	13.83	2.84	0
2007287	91.11	0.08	19.65	19.48	6.84	0
2007288	103.03	0.8	18.16	18.45	4.41	0.0008
2007289	167.89	0.41	17.32	15.29	3.88	0
2007290	140.49	0.63	16.66	14.94	3.53	0
2007291	107.6	0.75	16.01	15.24	3.57	0
2007292	61.52	0.75	19.41	21.85	4.49	0
2007293	83.28	0.75	19.71	21.65	3.28	0
2007294	100.31	0.78	19.89	20.7	3.96	0
2007295	136.31	0.68	19.41	19.36	4.65	0
2007296	161.39	0.41	18.24	17.31	3.13	0
2007297	58.4	0.6	19.45	20.57	6.64	0.0144
2007298	120.34	0.8	19.11	19.77	3.5	0
2007299	48.91	0.75	18.65	20	6.03	0.0144
2007300	119.15	0.66	16.33	14.31	6.2	0.0008
2007301	120.59	0.4	16.41	14.79	4.32	0.0004
2007302	45.88	0.53	18.93	19.89	5.78	0.0014
2007303	110.56	0.35	16.86	15.67	5.58	0.0028
2007304	100.27	0.5	16.66	14.92	5.73	0.0006
2007305	62.73	0.8	17.94	18.73	5.96	0.0324
2007306	74.77	0.75	19.07	19.47	9.11	0.0064
2007307	114.25	0.25	16.73	14.02	6.7	0
2007308	143.03	0.25	14.8	12.24	5.26	0.0002
2007309	113.72	0.25	14.41	14.16	5.44	0
2007310	75.56	0.25	17.79	18.02	6.48	0.0004
2007311	100.2	0.25	16.69	17.65	5.16	0.015
2007312	111.75	0.25	16.33	16.98	5.94	0.0074
2007313	225.83	0.25	14.13	12.14	6.69	0.0224
2007314	108.27	0.25	14.03	13.33	4.71	0
2007315	79.55	0.25	17.07	15.56	5.04	0.0002
2007316	127.51	0.25	16.19	15.62	4.52	0
2007317	121.32	0.25	15.51	15.13	7.4	0.0124
2007318	86.28	0.59	15.14	14.07	8.81	0.0006
2007319	76.54	0.08	14.7	14.47	7.94	0.0072
2007320	170.3	0.8	14.91	14.23	6.96	0.0032
2007321	65.94	0.41	15.11	14.99	5.74	0.0008
2007322	82.29	0.63	14.45	14.53	6.57	0.0454
2007323	77.26	0.75	13.58	12.14	6.77	0.0098
2007324	83.94	0.75	14.01	12.69	7.33	0.007
2007325	59.41	0.75	14.62	14.24	6.9	0.0078
2007326	53.01	0.78	15.53	15.96	6.87	0.0002
2007327	155.82	0.68	15.56	15.71	7.42	0.0071
2007328	48.08	0.41	16.47	16.98	9.88	0.0004
2007329	54.88	0.6	16.31	16.38	9.84	0
2007330	90.89	0.8	15.62	14.2	7.25	0
2007331	68.08	0.75	13.74	13.2	8.34	0.0054
2007332	91.76	0.66	12.88	13.26	8.42	0.0254
2007333	72.58	0.4	13.74	13.32	9.7	0.0018
2007334	162.7	0.53	13.33	12.79	7.73	0.0029
2007335	94.33	0.35	11.7	12.84	6.36	0
2007336	71.65	0.5	14.89	15.47	7.92	0.0028
2007337	116.57	0.8	14.63	14.44	6.52	0
2007338	83.05	0.75	14.8	15.67	7.35	0.0094
2007339	73.04	0.25	15.38	16.86	9.62	0.11
2007340	53.55	0.59	15.34	16.67	8.47	0.0286
2007341	53.47	0.08	15.96	17.37	8.32	0.019
2007342	59.65	0.8	17	18.35	7.76	0.0266
2007343	80.85	0.41	17.94	18.24	8.94	0.0072
2007344	79.13	0.63	17.12	17.37	10.01	0.029
2007345	48.5	0.75	17.23	16.82	10.35	0.0068
2007346	52.22	0.75	16.56	16.7	10.94	0
2007347	44.4	0.75	18.06	18.17	10.91	0.0032
2007348	122.59	0.78	16.06	15.24	10.31	0
2007349	133.8	0.68	15.84	14.94	10.4	0
2007350	122	0.41	15.36	15.11	8.02	0
2007351	57.43	0.6	15.02	15.65	8.38	0.0024
2007352	62.75	0.8	13.51	14.04	6.6	0
2007353	64.82	0.41	13.21	14.05	6.27	0.0016
2007354	51.05	0.6	13.42	13.62	6.23	0
2007355	30.58	0.8	14.19	13.96	7.4	0
2007356	70.57	0.75	13.59	13.67	6.67	0
2007357	80.89	0.66	15.59	14.31	7.55	0
2007358	57.65	0.4	16.1	16.09	9.64	0
2007359	67.77	0.53	15	15.26	8.75	0
2007360	94	0.35	13.12	12.42	7.75	0

2007361	68.79	0.5	13.3	14.06	7.54	0
2007362	89.09	0.8	13.17	11.75	8.6	0
2007363	75.91	0.75	12.29	11.79	7.32	0
2007364	60.25	0.25	12.54	12.7	6.57	0
2007365	73.05	0.59	14.45	14.03	6.92	0
2008001	84.11	0.25	15.37	15.2	8.84	0
2008002	83.05	0.59	17.42	16	10.06	0
2008003	71.78	0.08	18.08	16.11	10.36	0
2008004	82.71	0.8	18.06	17.23	11.27	0
2008005	82.89	0.41	15.86	14.56	9.87	0
2008006	72.97	0.63	13.39	12.54	8.47	0
2008007	53.81	0.75	14.27	14.59	9.6	0
2008008	65.05	0.75	14.8	12.63	12.52	0
2008009	77	0.75	15.28	15.15	11.26	0
2008010	114.66	0.78	15	15	8.24	0
2008011	82.88	0.68	15.49	15.25	9.84	0
2008012	100.32	0.41	16.24	15.1	10.14	0
2008013	108.03	0.6	15.13	13.11	9.72	0
2008014	43.04	0.8	16.52	15.62	11.51	0
2008015	93.19	0.75	14.81	12.43	10.71	0
2008016	67.24	0.66	15.33	13.06	10.39	0
2008017	107.05	0.4	16.26	15.1	13.55	0
2008018	129.3	0.53	15.88	16.05	13.37	0.0088
2008019	89.67	0.35	16.44	15.71	11.08	0.0004
2008020	83.13	0.5	16.76	15.17	10.81	0.0004
2008021	104.88	0.8	16.18	14.94	9.66	0.0016
2008022	131.17	0.75	17.35	14.44	11.49	0
2008023	53.46	0.25	17.91	17.23	12.07	0.0436
2008024	97.29	0.59	16.87	15.79	10.23	0.0066
2008025	47.23	0.08	14.57	7.89	9.51	0.003
2008026	55.28	0.8	14.82	15.56	8.28	0
2008027	100.32	0.41	15.8	13.7	12.41	0
2008028	108.03	0.63	14.3	12.18	9.11	0
2008029	43.04	0.75	14.3	12.15	9	0
2008030	100.32	0.75	14.25	12.55	9.67	0
2008031	108.03	0.75	15.14	13.61	9.35	0
2008032	43.04	0.78	14.95	13.33	8.95	0
2008033	93.19	0.68	13.39	13.02	9.15	0.003
2008034	67.24	0.41	14.82	13.68	8.98	0
2008035	107.05	0.6	14.24	14.09	8.51	0.0008
2008036	129.3	0.8	15.28	14.36	9.95	0.0008
2008037	89.67	0.75	13.28	12.02	9.7	0.0016
2008038	100.32	0.66	14.02	14.38	9.15	0.0068
2008039	108.03	0.4	16.42	16.46	11.6	0.0216
2008040	43.04	0.53	15.21	13.44	10.58	0
2008041	93.19	0.35	14.65	13.06	9.4	0.0002
2008042	67.24	0.5	15.04	13.17	9.2	0
2008043	112.05	0.8	13.36	13.26	9.19	0
2008044	134.3	0.75	15.43	15.05	11.34	0.008
2008045	94.67	0.25	15.18	14.63	16.31	0.0076
2008046	88.13	0.59	15.33	13.68	13.12	0.0002
2008047	109.88	0.08	15.61	14.62	11.37	0
2008048	39.97	0.8	15.41	13.59	10.37	0
2008049	66.4	0.41	14.91	13.48	11.76	0.0002
2008050	106.91	0.63	14.96	14.18	14.21	0.0032
2008051	72.69	0.75	14.52	13.7	10.12	0
2008052	131.08	0.75	14.71	13.33	10.45	0.001
2008053	147.21	0.75	15.42	13.4	12.16	0.0004
2008054	82.53	0.78	15.57	14.8	11.47	0.0172
2008055	110.21	0.68	15.91	15.04	9.39	0.0014
2008056	64.04	0.41	15.63	14.57	10.75	0.0286
2008057	50.35	0.6	12.62	11.98	13.53	0.0236
2008058	118.18	0.8	12.06	9	14.94	0.001
2008059	159.55	0.75	11.47	8.15	10.81	0
2008060	85.35	0.66	11.2	8.53	10.42	0.0006
2008061	92.49	0.4	11.6	9.07	16.05	0.0048
2008062	150.81	0.53	11.73	8.96	11.26	0.0034
2008063	114.33	0.35	11.44	9.52	9.66	0
2008064	78.81	0.5	13.04	9.86	13.68	0.0138
2008065	65.85	0.8	14.44	13.51	13.15	0.0634
2008066	172.38	0.75	14.2	12.51	9.89	0
2008067	93.44	0.25	13.87	12.69	13.03	0.0336
2008068	141.43	0.59	15.6	14.89	12.22	0
2008069	60.3	0.08	15.13	15.07	13.8	0.0022
2008070	87.51	0.8	14.13	14.35	12.76	0.023
2008071	100.23	0.41	14.53	14.61	10.08	0.0014
2008072	182.63	0.63	14.15	12.75	10.25	0.0034
2008073	92.47	0.75	15.27	15.69	13.82	0.0056
2008074	65.79	0.75	15.59	15.87	14.33	0.0012
2008075	73.8	0.75	15.86	16.21	13.1	0.0032
2008076	63.18	0.78	15.23	15.23	13.09	0.0684
2008077	95.39	0.68	12.98	11.78	13.03	0.0208
2008078	148.69	0.41	13.65	12.26	12.48	0.0408
2008079	114.67	0.6	12.76	12.21	9.88	0.0044
2008080	114.98	0.8	13.04	11.02	12.16	0.0058
2008081	109.98	0.75	13.1	11.74	12.36	0.0118

2008082	105.65	0.66	13.84	13.06	13.2	0.0546
2008083	77.86	0.4	12.68	10.81	14.68	0.0148
2008084	175.03	0.53	12.17	9.58	13.99	0.0016
2008085	167.65	0.35	13.1	10.91	12.4	0.0118
2008086	117.89	0.5	15.08	15.7	13.7	0.0046
2008087	93.66	0.8	15.08	15.29	11.99	0.011
2008088	85.89	0.75	14.54	14.52	12.44	0
2008089	128.97	0.25	13.79	12.42	12.16	0
2008090	173.33	0.59	14.19	13.05	12.13	0
2008091	193.2	0.08	12	11.62	6.69	0
2008092	127.08	0.8	12.21	12.19	6.54	0
2008093	140.88	0.41	14.7	12.62	7.62	0
2008094	70.86	0.63	15.5	13.33	10.55	0
2008095	74.24	0.75	15.08	13.75	9.48	0.0064
2008096	107.43	0.75	14.52	14.17	8.68	0.0014
2008097	73.39	0.75	14.39	14.67	9.15	0.0144
2008098	53.02	0.78	14.47	14.27	9.24	0.0254
2008099	106.99	0.68	13.77	12.02	10.27	0.0008
2008100	103.01	0.41	13.41	11.4	7.83	0
2008101	180.35	0.6	12.99	11.04	8.64	0
2008102	142.26	0.8	12.92	10.46	11.34	0
2008103	146.88	0.75	12.18	10.23	8.07	0.0016
2008104	116.07	0.66	13.67	12.92	7.59	0.0024
2008105	223.64	0.4	14.33	12.92	8.21	0
2008106	184.4	0.53	13.42	12.92	7.79	0
2008107	64.94	0.35	14.02	13.89	9.26	0.0142
2008108	218.21	0.5	12.75	10.56	7.14	0
2008109	226.28	0.8	13.83	13.08	8.27	0.0014
2008110	88.38	0.75	15.73	16.49	9.63	0.0014
2008111	226.56	0.25	15.16	14.03	8.69	0.0336
2008112	167.95	0.59	14.52	13.45	7.21	0
2008113	205.94	0.08	14.37	13.4	7.25	0
2008114	229.49	0.8	14.5	13	5.91	0
2008115	126.25	0.41	14.6	13.85	6.92	0.0004
2008116	212.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2008117	34.31	0.75	16.81	18.48	9.8	0.0372
2008118	44.65	0.75	16.68	18.25	8.22	0.0328
2008119	94.59	0.75	15.56	16.42	8.23	0.0212
2008120	168.69	0.78	13.93	13.52	8.76	0.015
2008121	189.43	0.68	14.58	13.79	5	0.0038
2008122	222.82	0.41	14.02	12.41	2.81	0
2008123	209.99	0.6	12.95	12.75	3.18	0
2008124	176.79	0.8	14.01	12.51	5.77	0
2008125	100.19	0.75	14.28	14.14	7.32	0.0086
2008126	137.82	0.66	14.63	14.1	5.81	0
2008127	64.03	0.4	15.68	16.78	5.91	0.0684
2008128	105.29	0.53	15.1	15.63	5.97	0.0574
2008129	73.8	0.35	14.72	15.26	5.85	0.0412
2008130	100.23	0.5	15.11	15.98	4.79	0.0002
2008131	158.77	0.8	14.66	14.59	3.43	0
2008132	159.32	0.75	14.56	13.9	3.81	0
2008133	219.38	0.25	13.61	13.06	2.55	0
2008134	169.14	0.25	15.35	15.38	3.38	0.0018
2008135	115.49	0.25	17.34	18.15	3.79	0
2008136	244.51	0.25	18.19	17.66	2.08	0
2008137	134.74	0.25	17.51	17.3	2.94	0
2008138	98.17	0.25	17.45	18.65	4.38	0.0002
2008139	94.79	0.25	17.59	18.58	4.13	0.0012
2008140	224.13	0.25	17.46	17.04	1.96	0
2008141	267.52	0.25	16.34	14.8	1.95	0
2008142	204.98	0.25	15.73	13.8	2.05	0
2008143	126.25	0.25	17.12	16.24	4.56	0.0002
2008144	65.15	0.25	18.2	19.89	6.1	0.0116
2008145	69.32	0.25	18.26	20.02	5.35	0.1742
2008146	219.39	0.25	15.59	14.76	3.39	0.0082
2008147	222.8	0.25	15.18	13.72	2.61	0.0006
2008148	283.09	0.25	13.88	13.45	1.88	0
2008149	240.75	0.25	14.61	13.79	2.06	0
2008150	114.63	0.25	15.37	14.65	1.51	0
2008151	155.44	0.25	15.01	15.19	1.56	0
2008152	270.68	0.25	15.98	15.71	2.23	0
2008153	104.22	0.25	17.47	18.23	2.56	0.0044
2008154	129.28	0.25	18.46	18.9	3.05	0.0064
2008155	249.85	0.59	18.65	17.69	5.08	0
2008156	212.92	0.08	18.76	17.87	3.05	0
2008157	145.91	0.8	18	16.49	1.87	0
2008158	165.59	0.41	17.75	17.35	1.77	0
2008159	181.71	0.63	17.46	16.77	1.71	0
2008160	259.15	0.75	17.79	16.52	2.72	0.0008
2008161	136	0.75	17.51	17.48	2.64	0.0016
2008162	188.99	0.75	17.58	17.16	2.51	0
2008163	189.69	0.78	18.05	18.5	3.2	0.0044
2008164	65.23	0.68	18.48	19.98	4.85	0.0166
2008165	170.61	0.41	18.29	19.3	4.22	0.004
2008166	56.02	0.6	19.82	22.21	6.93	0.0014
2008167	88.65	0.8	19.71	21.89	6.66	0.001

2008168	112.71	0.75	18.48	19.76	3.62	0.2116
2008169	262.52	0.66	17.46	16.47	2.47	0
2008170	201.36	0.4	17.23	15.83	2.65	0
2008171	106.77	0.53	16.68	16.27	1.89	0
2008172	234.8	0.35	17.36	16.63	2.1	0
2008173	244.6	0.5	19.51	18.65	2.59	0
2008174	144.22	0.8	20.13	20.6	2.42	0.0002
2008175	255.68	0.75	18.74	18.93	3.08	0.002
2008176	139.49	0.75	18.07	17.41	3.91	0
2008177	154.8	0.75	17.73	16.25	4.09	0
2008178	157.18	0.75	17.75	16.01	3.02	0
2008179	229.18	0.75	17.37	16.17	2.24	0
2008180	107.85	0.75	18.93	19.4	2.57	0.0082
2008181	165.47	0.75	19.61	20.5	1.65	0.0058
2008182	218.09	0.75	18.7	18	1.85	0
2008183	137.68	0.75	19.2	19.8	2.32	0
2008184	230.48	0.75	19.07	18.83	3.92	0.0034
2008185	175.31	0.25	19.36	16.36	4.37	0
2008186	154.15	0.2	19.29	17.13	3.05	0
2008187	163.57	0.25	19.27	17.28	3.58	0
2008188	136.79	0.59	19.9	19.61	3.91	0.0082
2008189	139.26	0.08	19.82	19.3	4.17	0.0056
2008190	154.29	0.8	19.96	18.64	3.5	0.0004
2008191	187.54	0.41	19.14	18.58	2.25	0
2008192	138.02	0.63	19.26	19.16	2.72	0.0004
2008193	142.01	0.75	19.14	19.05	3.5	0.003
2008194	64.63	0.75	19.39	20.13	4.34	0
2008195	170.5	0.75	19.43	19.09	3.84	0
2008196	134.84	0.78	19.73	19.76	2.98	0
2008197	153.79	0.68	19.56	20.03	2.21	0.0002
2008198	154.81	0.41	20.07	19.87	2.62	0.0012
2008199	195.14	0.6	19.85	19.71	2.89	0.0052
2008200	166.4	0.8	20.71	19.18	2.33	0
2008201	201.08	0.75	22.11	21.03	2.98	0
2008202	267.72	0.66	22.2	21.68	2.95	0
2008203	128.74	0.4	21.96	23.39	2.28	0
2008204	131.29	0.53	22.19	24.59	2.64	0.0082
2008205	104.95	0.35	21.7	23.89	4.05	0.0014
2008206	139.83	0.5	20.93	21.86	3.62	0.0015
2008207	174.72	0.8	20.16	19.96	3.2	0.0016
2008208	186.55	0.75	19.88	19.13	2.24	0.0026
2008209	142.52	0.25	18.82	17.92	1.69	0
2008210	119.42	0.25	18.29	17.56	1.56	0
2008211	175.05	0.25	18.43	18.25	1.68	0
2008212	200.32	0.25	19.52	19.05	1.8	0
2008213	232.23	0.25	21.93	22.23	1.98	0
2008214	156.79	0.25	22.16	23.05	3.11	0.0052
2008215	179.6	0.25	21.75	22.67	5.18	0.0018
2008216	149.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2008217	194.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2008218	208.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2008219	104.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2008220	55.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2008221	128.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2008222	132.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2008223	210.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2008224	179.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2008225	121.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2008226	208.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2008227	193.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2008228	240.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2008229	234.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2008230	242.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0
2008231	152.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0
2008232	222.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0
2008233	176.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2008234	205.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2008235	128.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2008236	124.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2008237	109.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2008238	150.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2008239	82.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2008240	191.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2008241	157.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2008242	213.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2008243	226.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2008244	195.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2008245	71.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2008246	33.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2008247	75.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2008248	71.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2008249	183.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2008250	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2008251	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2008252	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2008253	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004

2008254	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2008255	70.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2008256	152.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2008257	183.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2008258	186.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2008259	139.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2008260	268.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2008261	210.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2008262	225.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2008263	162.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2008264	206.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2008265	147.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2008266	188.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2008267	151.07	0.75	20.43	21.23	4.81	0
2008268	208.33	0.66	19.37	17.54	4.78	0
2008269	132.17	0.4	22.37	23.17	5.72	0
2008270	145.07	0.53	21.5	23.14	5.25	0.011
2008271	197.97	0.35	21.24	20.61	5.58	0
2008272	154.57	0.5	20.16	19.42	4.75	0
2008273	197.01	0.8	19.62	19.34	5.1	0
2008274	92.57	0.75	19.57	20.41	5.27	0
2008275	121.21	0.75	19.78	20.17	3.89	0
2008276	150.22	0.75	20.37	18.78	4.09	0
2008277	67.16	0.75	20.66	20.74	5.75	0
2008278	164.7	0.75	19.97	18.93	6	0
2008279	107.57	0.75	18.05	17.7	6.45	0.0018
2008280	105.25	0.75	19.73	20.23	7.81	0.0002
2008281	46.6	0.75	19.89	21.73	8.29	0
2008282	52.85	0.75	18.68	20.18	6.39	0
2008283	83.83	0.75	18.57	18.87	5.17	0
2008284	149.44	0.25	16.64	15.14	4.88	0
2008285	120.42	0.59	16.31	13.83	3.84	0
2008286	91.11	0.08	19.65	19.48	7.84	0
2008287	103.03	0.8	18.16	18.45	5.41	0.0008
2008288	167.89	0.41	17.32	15.29	4.88	0
2008289	140.49	0.63	16.66	14.94	4.53	0
2008290	107.6	0.75	16.01	15.24	4.57	0
2008291	61.52	0.75	19.41	21.85	5.49	0
2008292	83.28	0.75	19.71	21.65	4.28	0
2008293	100.31	0.78	19.89	20.7	4.96	0
2008294	136.31	0.68	19.41	19.36	5.65	0
2008295	161.39	0.41	18.24	17.31	4.13	0
2008296	58.4	0.6	19.45	20.57	7.64	0.0144
2008297	120.34	0.8	19.11	19.77	4.5	0
2008298	48.91	0.75	18.65	20	8.03	0.0144
2008299	119.15	0.66	16.33	14.31	8.2	0.0008
2008300	120.59	0.4	16.41	14.79	6.32	0.0004
2008301	45.88	0.53	18.93	19.89	7.78	0.0014
2008302	110.56	0.35	16.86	15.67	7.58	0.0028
2008303	100.27	0.5	16.66	14.92	7.73	0.0006
2008304	62.73	0.8	17.94	18.73	7.96	0.0324
2008305	74.77	0.75	19.07	19.47	11.11	0.0064
2008306	114.25	0.25	16.73	14.02	8.7	0
2008307	143.03	0.25	14.8	12.24	7.26	0.0002
2008308	113.72	0.25	14.41	14.16	7.44	0
2008309	75.56	0.25	17.79	18.02	8.48	0.0004
2008310	100.2	0.25	16.69	17.65	7.16	0.015
2008311	111.75	0.25	16.33	16.98	7.94	0.0074
2008312	225.83	0.25	14.13	12.14	8.69	0.0224
2008313	108.27	0.25	14.03	13.33	6.71	0
2008314	79.55	0.25	17.07	15.56	7.04	0.0002
2008315	127.51	0.25	16.19	15.62	6.52	0
2008316	121.32	0.25	15.51	15.13	9.4	0.0124
2008317	86.28	0.59	15.14	14.07	10.81	0.0006
2008318	76.54	0.08	14.7	14.47	9.94	0.0072
2008319	170.3	0.8	14.91	14.23	8.96	0.0032
2008320	65.94	0.41	15.11	14.99	7.74	0.0008
2008321	82.29	0.63	14.45	14.53	8.57	0.0454
2008322	77.26	0.75	13.58	12.14	8.77	0.0098
2008323	83.94	0.75	14.01	12.69	9.33	0.007
2008324	59.41	0.75	14.62	14.24	8.9	0.0078
2008325	53.01	0.78	15.53	15.96	8.87	0.0002
2008326	155.82	0.68	15.56	15.71	9.42	0.0071
2008327	48.08	0.41	16.47	16.98	11.88	0.0004
2008328	54.88	0.6	16.31	16.38	11.84	0
2008329	90.89	0.8	15.62	14.2	9.25	0
2008330	68.08	0.75	13.74	13.2	10.34	0.0054
2008331	91.76	0.66	12.88	13.26	10.42	0.0254
2008332	72.58	0.4	13.74	13.32	11.7	0.0018
2008333	162.7	0.53	13.33	12.79	9.73	0.0029
2008334	94.33	0.35	11.7	12.84	8.36	0
2008335	71.65	0.5	14.89	15.47	9.92	0.0028
2008336	116.57	0.8	14.63	14.44	8.52	0
2008337	83.05	0.75	14.8	15.67	9.35	0.0094
2008338	73.04	0.25	15.38	16.86	11.62	0.11
2008339	53.55	0.59	15.34	16.67	10.47	0.0286

2008340	53.47	0.08	15.96	17.37	10.32	0.019
2008341	59.65	0.8	17	18.35	9.76	0.0266
2008342	80.85	0.41	17.94	18.24	10.94	0.0072
2008343	79.13	0.63	17.12	17.37	12.01	0.029
2008344	48.5	0.75	17.23	16.82	12.35	0.0068
2008345	52.22	0.75	16.56	16.7	12.94	0
2008346	44.4	0.75	18.06	18.17	12.91	0.0032
2008347	122.59	0.78	16.06	15.24	12.31	0
2008348	133.8	0.68	15.84	14.94	12.4	0
2008349	122	0.41	15.36	15.11	10.02	0
2008350	57.43	0.6	15.02	15.65	10.38	0.0024
2008351	62.75	0.8	13.51	14.04	8.6	0
2008352	64.82	0.41	13.21	14.05	8.27	0.0016
2008353	51.05	0.6	13.42	13.62	8.23	0
2008354	30.58	0.8	14.19	13.96	9.4	0
2008355	70.57	0.75	13.59	13.67	8.67	0
2008356	80.89	0.66	15.59	14.31	9.55	0
2008357	57.65	0.4	16.1	16.09	11.64	0
2008358	67.77	0.53	15	15.26	10.75	0
2008359	94	0.35	13.12	12.42	9.75	0
2008360	68.79	0.5	13.3	14.06	9.54	0
2008361	89.09	0.8	13.17	11.75	10.6	0
2008362	75.91	0.75	12.29	11.79	9.32	0
2008363	60.25	0.25	12.54	12.7	8.57	0
2008364	73.05	0.59	14.45	14.03	8.92	0
2008365	91.56	0.08	13.27	14.7	8.13	0
2008366	84.11	0.25	14.37	14.2	9.84	0
2009001	84.11	0.25	14.37	14.2	7.84	0
2009002	83.05	0.59	16.42	15	9.06	0
2009003	71.78	0.08	17.08	15.11	9.36	0
2009004	82.71	0.8	17.06	16.23	10.27	0
2009005	82.89	0.41	14.86	13.56	8.87	0
2009006	72.97	0.63	12.39	11.54	7.47	0
2009007	53.81	0.75	13.27	13.59	8.6	0
2009008	65.05	0.75	13.8	11.63	11.52	0
2009009	77	0.75	14.28	14.15	10.26	0
2009010	114.66	0.78	14	14	7.24	0
2009011	82.88	0.68	14.49	14.25	8.84	0
2009012	100.32	0.41	15.24	14.1	9.14	0
2009013	108.03	0.6	14.13	12.11	8.72	0
2009014	43.04	0.8	15.52	14.62	10.51	0
2009015	93.19	0.75	13.81	11.43	9.71	0
2009016	67.24	0.66	14.33	12.06	9.39	0
2009017	107.05	0.4	15.26	14.1	12.55	0
2009018	129.3	0.53	14.88	15.05	12.37	0.0088
2009019	89.67	0.35	15.44	14.71	10.08	0.0004
2009020	83.13	0.5	15.76	14.17	9.81	0.0004
2009021	104.88	0.8	15.18	13.94	8.66	0.0016
2009022	131.17	0.75	16.35	13.44	10.49	0
2009023	53.46	0.25	16.91	16.23	11.07	0.0436
2009024	97.29	0.59	15.87	14.79	9.23	0.0066
2009025	47.23	0.08	13.57	6.89	8.51	0.003
2009026	55.28	0.8	13.82	14.56	7.28	0
2009027	100.32	0.41	14.8	12.7	11.41	0
2009028	108.03	0.63	13.3	11.18	8.11	0
2009029	43.04	0.75	13.3	11.15	8	0
2009030	100.32	0.75	13.25	11.55	8.67	0
2009031	108.03	0.75	14.14	12.61	8.35	0
2009032	43.04	0.78	13.95	12.33	7.95	0
2009033	93.19	0.68	12.39	12.02	8.15	0.003
2009034	67.24	0.41	13.82	12.68	7.98	0
2009035	107.05	0.6	13.24	13.09	7.51	0.0008
2009036	129.3	0.8	14.28	13.36	8.95	0.0008
2009037	89.67	0.75	12.28	11.02	8.7	0.0016
2009038	100.32	0.66	13.02	13.38	8.15	0.0068
2009039	108.03	0.4	15.42	15.46	10.6	0.0216
2009040	43.04	0.53	14.21	12.44	9.58	0
2009041	93.19	0.35	13.65	12.06	8.4	0.0002
2009042	67.24	0.5	14.04	12.17	8.2	0
2009043	107.05	0.8	12.36	12.26	8.19	0
2009044	129.3	0.75	14.43	14.05	10.34	0.008
2009045	89.67	0.25	14.18	13.63	15.31	0.0076
2009046	83.13	0.59	14.33	12.68	12.12	0.0002
2009047	104.88	0.08	14.61	13.62	10.37	0
2009048	34.97	0.8	14.41	12.59	9.37	0
2009049	61.4	0.41	13.91	12.48	10.76	0.0002
2009050	101.91	0.63	13.96	13.18	13.21	0.0032
2009051	67.69	0.75	13.52	12.7	9.12	0
2009052	126.08	0.75	13.71	12.33	9.45	0.001
2009053	142.21	0.75	14.42	12.4	11.16	0.0004
2009054	77.53	0.78	14.57	13.8	10.47	0.0172
2009055	105.21	0.68	14.91	14.04	8.39	0.0014
2009056	59.04	0.41	14.63	13.57	9.75	0.0286
2009057	45.35	0.6	13.62	13.98	12.53	0.0236
2009058	113.18	0.8	13.06	11	13.94	0.001
2009059	154.55	0.75	12.47	10.15	9.81	0

2009060	80.35	0.66	12.2	10.53	9.42	0.0006
2009061	87.49	0.4	12.6	11.07	15.05	0.0048
2009062	145.81	0.53	12.73	10.96	10.26	0.0034
2009063	109.33	0.35	12.44	11.52	8.66	0
2009064	73.81	0.5	14.04	11.86	12.68	0.0138
2009065	60.85	0.8	15.44	15.51	12.15	0.0634
2009066	167.38	0.75	15.2	14.51	8.89	0
2009067	88.44	0.25	14.87	14.69	12.03	0.0336
2009068	136.43	0.59	16.6	16.89	11.22	0
2009069	55.3	0.08	16.13	17.07	12.8	0.0022
2009070	82.51	0.8	15.13	16.35	11.76	0.023
2009071	95.23	0.41	15.53	16.61	9.08	0.0014
2009072	177.63	0.63	15.15	14.75	9.25	0.0034
2009073	87.47	0.75	16.27	17.69	12.82	0.0056
2009074	60.79	0.75	16.59	17.87	13.33	0.0012
2009075	68.8	0.75	16.86	18.21	12.1	0.0032
2009076	58.18	0.78	16.23	17.23	12.09	0.0684
2009077	90.39	0.68	13.98	13.78	12.03	0.0208
2009078	143.69	0.41	14.65	14.26	11.48	0.0408
2009079	109.67	0.6	13.76	14.21	8.88	0.0044
2009080	109.98	0.8	14.04	13.02	11.16	0.0058
2009081	104.98	0.75	14.1	13.74	11.36	0.0118
2009082	100.65	0.66	14.84	15.06	12.2	0.0546
2009083	72.86	0.4	13.68	12.81	13.68	0.0148
2009084	170.03	0.53	13.17	11.58	12.99	0.0016
2009085	162.65	0.35	14.1	12.91	11.4	0.0118
2009086	112.89	0.5	16.08	17.7	12.7	0.0046
2009087	88.66	0.8	16.08	17.29	10.99	0.011
2009088	80.89	0.75	15.54	16.52	11.44	0
2009089	123.97	0.25	14.79	14.42	11.16	0
2009090	168.33	0.59	15.19	15.05	11.13	0
2009091	188.2	0.08	13	13.62	5.69	0
2009092	122.08	0.8	13.21	14.19	5.54	0
2009093	135.88	0.41	15.7	14.62	6.62	0
2009094	65.86	0.63	16.5	15.33	9.55	0
2009095	69.24	0.75	16.08	15.75	8.48	0.0064
2009096	102.43	0.75	15.52	16.17	7.68	0.0014
2009097	68.39	0.75	15.39	16.67	8.15	0.0144
2009098	48.02	0.78	15.47	16.27	8.24	0.0254
2009099	101.99	0.68	14.77	14.02	9.27	0.0008
2009100	98.01	0.41	14.41	13.4	6.83	0
2009101	175.35	0.6	13.99	13.04	7.64	0
2009102	137.26	0.8	13.92	12.46	10.34	0
2009103	141.88	0.75	13.18	12.23	7.07	0.0016
2009104	111.07	0.66	14.67	14.92	6.59	0.0024
2009105	218.64	0.4	15.33	14.92	7.21	0
2009106	179.4	0.53	14.42	14.92	6.79	0
2009107	59.94	0.35	15.02	15.89	8.26	0.0142
2009108	213.21	0.5	13.75	12.56	6.14	0
2009109	221.28	0.8	14.83	15.08	7.27	0.0014
2009110	83.38	0.75	16.73	18.49	9.63	0.0014
2009111	221.56	0.25	16.16	16.03	8.69	0.0336
2009112	162.95	0.59	15.52	15.45	7.21	0
2009113	200.94	0.08	15.37	15.4	7.25	0
2009114	224.49	0.8	15.5	15	5.91	0
2009115	121.25	0.41	15.6	15.85	6.92	0.0004
2009116	207.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2009117	29.31	0.75	16.81	18.48	10.8	0.0372
2009118	39.65	0.75	16.68	18.25	9.22	0.0328
2009119	89.59	0.75	15.56	16.42	9.23	0.0212
2009120	163.69	0.78	13.93	13.52	9.76	0.015
2009121	184.43	0.68	14.58	13.79	6	0.0038
2009122	217.82	0.41	14.02	12.41	3.81	0
2009123	204.99	0.6	12.95	12.75	4.18	0
2009124	171.79	0.8	14.01	12.51	6.77	0
2009125	95.19	0.75	14.28	14.14	8.32	0.0086
2009126	132.82	0.66	14.63	14.1	6.81	0
2009127	59.03	0.4	15.68	16.78	6.91	0.0684
2009128	100.29	0.53	15.1	15.63	6.97	0.0574
2009129	68.8	0.35	14.72	15.26	6.85	0.0412
2009130	95.23	0.5	15.11	15.98	5.79	0.0002
2009131	153.77	0.8	14.66	14.59	4.43	0
2009132	154.32	0.75	14.56	13.9	4.81	0
2009133	214.38	0.25	13.61	13.06	3.55	0
2009134	164.14	0.25	15.35	15.38	4.38	0.0018
2009135	110.49	0.25	17.34	18.15	4.79	0
2009136	239.51	0.25	18.19	17.66	3.08	0
2009137	129.74	0.25	17.51	17.3	3.94	0
2009138	93.17	0.25	17.45	18.65	5.38	0.0002
2009139	89.79	0.25	17.59	18.58	5.13	0.0012
2009140	219.13	0.25	17.46	17.04	2.96	0
2009141	262.52	0.25	16.34	14.8	2.95	0
2009142	199.98	0.25	15.73	13.8	3.05	0
2009143	121.25	0.25	17.12	16.24	5.56	0.0002
2009144	60.15	0.25	18.2	19.89	7.1	0.0116
2009145	64.32	0.25	18.26	20.02	6.35	0.1742

2009146	214.39	0.25	15.59	14.76	4.39	0.0082
2009147	217.8	0.25	15.18	13.72	3.61	0.0006
2009148	278.09	0.25	13.88	13.45	2.88	0
2009149	235.75	0.25	14.61	13.79	3.06	0
2009150	109.63	0.25	15.37	14.65	2.51	0
2009151	150.44	0.25	15.01	15.19	2.56	0
2009152	265.68	0.25	15.98	15.71	3.23	0
2009153	99.22	0.25	17.47	18.23	3.56	0.0044
2009154	124.28	0.25	18.46	18.9	4.05	0.0064
2009155	244.85	0.59	18.65	17.69	6.08	0
2009156	207.92	0.08	18.76	17.87	4.05	0
2009157	140.91	0.8	18	16.49	2.87	0
2009158	160.59	0.41	17.75	17.35	2.77	0
2009159	181.71	0.63	17.46	16.77	2.71	0
2009160	259.15	0.75	17.79	16.52	3.72	0.0008
2009161	136	0.75	17.51	17.48	3.64	0.0016
2009162	188.99	0.75	17.58	17.16	3.51	0
2009163	189.69	0.78	18.05	18.5	4.2	0.0044
2009164	65.23	0.68	18.48	19.98	5.85	0.0166
2009165	170.61	0.41	18.29	19.3	5.22	0.004
2009166	56.02	0.6	19.82	22.21	7.93	0.0014
2009167	88.65	0.8	19.71	21.89	7.66	0.001
2009168	112.71	0.75	18.48	19.76	4.62	0.2116
2009169	262.52	0.66	17.46	16.47	3.47	0
2009170	201.36	0.4	17.23	15.83	3.65	0
2009171	106.77	0.53	16.68	16.27	2.89	0
2009172	234.8	0.35	17.36	16.63	3.1	0
2009173	244.6	0.5	19.51	18.65	3.59	0
2009174	144.22	0.8	20.13	20.6	3.42	0.0002
2009175	255.68	0.75	18.74	18.93	4.08	0.002
2009176	139.49	0.75	18.07	17.41	4.91	0
2009177	154.8	0.75	17.73	16.25	5.09	0
2009178	157.18	0.75	17.75	16.01	4.02	0
2009179	229.18	0.75	17.37	16.17	3.24	0
2009180	107.85	0.75	18.93	19.4	3.57	0.0082
2009181	165.47	0.75	19.61	20.5	2.65	0.0058
2009182	218.09	0.75	18.7	18	2.85	0
2009183	137.68	0.75	19.2	19.8	3.32	0
2009184	230.48	0.75	19.07	18.83	4.92	0.0034
2009185	175.31	0.25	19.36	16.36	5.37	0
2009186	154.15	0.2	19.29	17.13	4.05	0
2009187	163.57	0.25	19.27	17.28	4.58	0
2009188	136.79	0.59	19.9	19.61	4.91	0.0082
2009189	139.26	0.08	19.82	19.3	5.17	0.0056
2009190	154.29	0.8	19.96	18.64	4.5	0.0004
2009191	187.54	0.41	19.14	18.58	3.25	0
2009192	138.02	0.63	19.26	19.16	3.72	0.0004
2009193	142.01	0.75	19.14	19.05	4.5	0.003
2009194	64.63	0.75	19.39	20.13	5.34	0
2009195	170.5	0.75	19.43	19.09	4.84	0
2009196	134.84	0.78	19.73	19.76	3.98	0
2009197	153.79	0.68	19.56	20.03	3.21	0.0002
2009198	154.81	0.41	20.07	19.87	3.62	0.0012
2009199	195.14	0.6	19.85	19.71	3.89	0.0052
2009200	166.4	0.8	20.71	19.18	3.33	0
2009201	201.08	0.75	22.11	21.03	3.98	0
2009202	267.72	0.66	22.2	21.68	3.95	0
2009203	128.74	0.4	21.96	23.39	3.28	0
2009204	131.29	0.53	22.19	24.59	3.64	0.0082
2009205	104.95	0.35	21.7	23.89	5.05	0.0014
2009206	144.83	0.5	20.93	21.86	4.62	0.0015
2009207	179.72	0.8	20.16	19.96	4.2	0.0016
2009208	191.55	0.75	19.88	19.13	3.24	0.0026
2009209	147.52	0.25	18.82	17.92	2.69	0
2009210	124.42	0.25	18.29	17.56	2.56	0
2009211	180.05	0.25	18.43	18.25	2.68	0
2009212	205.32	0.25	19.52	19.05	2.8	0
2009213	237.23	0.25	21.93	22.23	2.98	0
2009214	161.79	0.25	22.16	23.05	4.11	0.0052
2009215	184.6	0.25	21.75	22.67	6.18	0.0018
2009216	154.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2009217	199.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2009218	213.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2009219	109.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2009220	60.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2009221	133.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2009222	137.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2009223	215.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2009224	184.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2009225	126.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2009226	213.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2009227	198.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2009228	245.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2009229	239.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2009230	247.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0
2009231	157.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0

2009232	227.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0
2009233	181.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2009234	210.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2009235	133.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2009236	129.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2009237	114.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2009238	155.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2009239	87.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2009240	196.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2009241	162.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2009242	218.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2009243	231.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2009244	200.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2009245	76.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2009246	38.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2009247	80.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2009248	76.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2009249	188.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2009250	188.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2009251	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2009252	188.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2009253	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2009254	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2009255	75.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2009256	157.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2009257	188.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2009258	191.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2009259	144.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2009260	273.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2009261	215.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2009262	230.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2009263	167.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2009264	211.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2009265	152.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2009266	193.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2009267	156.07	0.75	20.43	21.23	3.81	0
2009268	213.33	0.66	19.37	17.54	3.78	0
2009269	137.17	0.4	22.37	23.17	4.72	0
2009270	150.07	0.53	21.5	23.14	4.25	0.011
2009271	202.97	0.35	21.24	20.61	4.58	0
2009272	159.57	0.5	20.16	19.42	3.75	0
2009273	202.01	0.8	19.62	19.34	4.1	0
2009274	92.57	0.75	19.57	20.41	4.27	0
2009275	121.21	0.75	19.78	20.17	2.89	0
2009276	150.22	0.75	20.37	18.78	3.09	0
2009277	67.16	0.75	20.66	20.74	4.75	0
2009278	164.7	0.75	19.97	18.93	5	0
2009279	107.57	0.75	18.05	17.7	5.45	0.0018
2009280	105.25	0.75	19.73	20.23	6.81	0.0002
2009281	46.6	0.75	19.89	21.73	7.29	0
2009282	52.85	0.75	18.68	20.18	5.39	0
2009283	83.83	0.75	18.57	18.87	4.17	0
2009284	149.44	0.25	16.64	15.14	3.88	0
2009285	120.42	0.59	16.31	13.83	2.84	0
2009286	91.11	0.08	19.65	19.48	6.84	0
2009287	103.03	0.8	18.16	18.45	4.41	0.0008
2009288	167.89	0.41	17.32	15.29	3.88	0
2009289	140.49	0.63	16.66	14.94	3.53	0
2009290	107.6	0.75	16.01	15.24	3.57	0
2009291	61.52	0.75	19.41	21.85	4.49	0
2009292	83.28	0.75	19.71	21.65	3.28	0
2009293	100.31	0.78	19.89	20.7	3.96	0
2009294	136.31	0.68	19.41	19.36	4.65	0
2009295	161.39	0.41	18.24	17.31	3.13	0
2009296	58.4	0.6	19.45	20.57	6.64	0.0144
2009297	120.34	0.8	19.11	19.77	3.5	0
2009298	48.91	0.75	18.65	20	6.03	0.0144
2009299	119.15	0.66	16.33	14.31	6.2	0.0008
2009300	120.59	0.4	16.41	14.79	4.32	0.0004
2009301	45.88	0.53	18.93	19.89	5.78	0.0014
2009302	110.56	0.35	16.86	15.67	5.58	0.0028
2009303	100.27	0.5	16.66	14.92	5.73	0.0006
2009304	62.73	0.8	17.94	18.73	5.96	0.0324
2009305	74.77	0.75	19.07	19.47	9.11	0.0064
2009306	114.25	0.25	16.73	14.02	6.7	0
2009307	143.03	0.25	14.8	12.24	5.26	0.0002
2009308	113.72	0.25	14.41	14.16	5.44	0
2009309	75.56	0.25	17.79	18.02	6.48	0.0004
2009310	100.2	0.25	16.69	17.65	5.16	0.015
2009311	111.75	0.25	16.33	16.98	5.94	0.0074
2009312	225.83	0.25	14.13	12.14	6.69	0.0224
2009313	108.27	0.25	14.03	13.33	4.71	0
2009314	79.55	0.25	17.07	15.56	5.04	0.0002
2009315	127.51	0.25	16.19	15.62	4.52	0
2009316	121.32	0.25	15.51	15.13	7.4	0.0124
2009317	86.28	0.59	15.14	14.07	8.81	0.0006

2009318	76.54	0.08	14.7	14.47	7.94	0.0072
2009319	170.3	0.8	14.91	14.23	6.96	0.0032
2009320	65.94	0.41	15.11	14.99	5.74	0.0008
2009321	82.29	0.63	14.45	14.53	6.57	0.0454
2009322	77.26	0.75	13.58	12.14	6.77	0.0098
2009323	83.94	0.75	14.01	12.69	7.33	0.007
2009324	59.41	0.75	14.62	14.24	6.9	0.0078
2009325	53.01	0.78	15.53	15.96	6.87	0.0002
2009326	155.82	0.68	15.56	15.71	7.42	0.0071
2009327	48.08	0.41	16.47	16.98	9.88	0.0004
2009328	54.88	0.6	16.31	16.38	9.84	0
2009329	90.89	0.8	15.62	14.2	7.25	0
2009330	68.08	0.75	13.74	13.2	8.34	0.0054
2009331	91.76	0.66	12.88	13.26	8.42	0.0254
2009332	72.58	0.4	13.74	13.32	9.7	0.0018
2009333	162.7	0.53	13.33	12.79	7.73	0.0029
2009334	94.33	0.35	11.7	12.84	6.36	0
2009335	71.65	0.5	14.89	15.47	7.92	0.0028
2009336	116.57	0.8	14.63	14.44	6.52	0
2009337	83.05	0.75	14.8	15.67	7.35	0.0094
2009338	73.04	0.25	15.38	16.86	9.62	0.11
2009339	53.55	0.59	15.34	16.67	8.47	0.0286
2009340	53.47	0.08	15.96	17.37	8.32	0.019
2009341	59.65	0.8	17	18.35	7.76	0.0266
2009342	80.85	0.41	17.94	18.24	8.94	0.0072
2009343	79.13	0.63	17.12	17.37	10.01	0.029
2009344	48.5	0.75	17.23	16.82	10.35	0.0068
2009345	52.22	0.75	16.56	16.7	10.94	0
2009346	44.4	0.75	18.06	18.17	10.91	0.0032
2009347	122.59	0.78	16.06	15.24	10.31	0
2009348	133.8	0.68	15.84	14.94	10.4	0
2009349	122	0.41	15.36	15.11	8.02	0
2009350	57.43	0.6	15.02	15.65	8.38	0.0024
2009351	62.75	0.8	13.51	14.04	6.6	0
2009352	64.82	0.41	13.21	14.05	6.27	0.0016
2009353	51.05	0.6	13.42	13.62	6.23	0
2009354	30.58	0.8	14.19	13.96	7.4	0
2009355	70.57	0.75	13.59	13.67	6.67	0
2009356	80.89	0.66	15.59	14.31	7.55	0
2009357	57.65	0.4	16.1	16.09	9.64	0
2009358	67.77	0.53	15	15.26	8.75	0
2009359	94	0.35	13.12	12.42	7.75	0
2009360	68.79	0.5	13.3	14.06	7.54	0
2009361	89.09	0.8	13.17	11.75	8.6	0
2009362	75.91	0.75	12.29	11.79	7.32	0
2009363	60.25	0.25	12.54	12.7	6.57	0
2009364	73.05	0.59	14.45	14.03	6.92	0
2009365	91.56	0.08	13.27	14.7	6.13	0
2010001	84.11	0.25	15.37	15.2	8.84	0
2010002	83.05	0.59	17.42	16	10.06	0
2010003	71.78	0.08	18.08	16.11	10.36	0
2010004	82.71	0.8	18.06	17.23	11.27	0
2010005	82.89	0.41	15.86	14.56	9.87	0
2010006	72.97	0.63	13.39	12.54	8.47	0
2010007	53.81	0.75	14.27	14.59	9.6	0
2010008	65.05	0.75	14.8	12.63	12.52	0
2010009	77	0.75	15.28	15.15	11.26	0
2010010	114.66	0.78	15	15	8.24	0
2010011	82.88	0.68	15.49	15.25	9.84	0
2010012	100.32	0.41	16.24	15.1	10.14	0
2010013	108.03	0.6	15.13	13.11	9.72	0
2010014	43.04	0.8	16.52	15.62	11.51	0
2010015	93.19	0.75	14.81	12.43	10.71	0
2010016	67.24	0.66	15.33	13.06	10.39	0
2010017	107.05	0.4	16.26	15.1	13.55	0
2010018	129.3	0.53	15.88	16.05	13.37	0.0088
2010019	89.67	0.35	16.44	15.71	11.08	0.0004
2010020	83.13	0.5	16.76	15.17	10.81	0.0004
2010021	104.88	0.8	16.18	14.94	9.66	0.0016
2010022	131.17	0.75	17.35	14.44	11.49	0
2010023	53.46	0.25	17.91	17.23	12.07	0.0436
2010024	97.29	0.59	16.87	15.79	10.23	0.0066
2010025	47.23	0.08	14.57	7.89	9.51	0.003
2010026	55.28	0.8	14.82	15.56	8.28	0
2010027	100.32	0.41	15.8	13.7	12.41	0
2010028	108.03	0.63	14.3	12.18	9.11	0
2010029	43.04	0.75	14.3	12.15	9	0
2010030	100.32	0.75	14.25	12.55	9.67	0
2010031	108.03	0.75	15.14	13.61	9.35	0
2010032	43.04	0.78	14.95	13.33	8.95	0
2010033	93.19	0.68	13.39	13.02	9.15	0.003
2010034	67.24	0.41	14.82	13.68	8.98	0
2010035	107.05	0.6	14.24	14.09	8.51	0.0008
2010036	129.3	0.8	15.28	14.36	9.95	0.0008
2010037	89.67	0.75	13.28	12.02	9.7	0.0016
2010038	100.32	0.66	14.02	14.38	9.15	0.0068

2010039	108.03	0.4	16.42	16.46	11.6	0.0216
2010040	43.04	0.53	15.21	13.44	10.58	0
2010041	93.19	0.35	14.65	13.06	9.4	0.0002
2010042	67.24	0.5	15.04	13.17	9.2	0
2010043	112.05	0.8	13.36	13.26	9.19	0
2010044	134.3	0.75	15.43	15.05	11.34	0.008
2010045	94.67	0.25	15.18	14.63	16.31	0.0076
2010046	88.13	0.59	15.33	13.68	13.12	0.0002
2010047	109.88	0.08	15.61	14.62	11.37	0
2010048	39.97	0.8	15.41	13.59	10.37	0
2010049	66.4	0.41	14.91	13.48	11.76	0.0002
2010050	106.91	0.63	14.96	14.18	14.21	0.0032
2010051	72.69	0.75	14.52	13.7	10.12	0
2010052	131.08	0.75	14.71	13.33	10.45	0.001
2010053	147.21	0.75	15.42	13.4	12.16	0.0004
2010054	82.53	0.78	15.57	14.8	11.47	0.0172
2010055	110.21	0.68	15.91	15.04	9.39	0.0014
2010056	64.04	0.41	15.63	14.57	10.75	0.0286
2010057	50.35	0.6	12.62	11.98	13.53	0.0236
2010058	118.18	0.8	12.06	9	14.94	0.001
2010059	159.55	0.75	11.47	8.15	10.81	0
2010060	85.35	0.66	11.2	8.53	10.42	0.0006
2010061	92.49	0.4	11.6	9.07	16.05	0.0048
2010062	150.81	0.53	11.73	8.96	11.26	0.0034
2010063	114.33	0.35	11.44	9.52	9.66	0
2010064	78.81	0.5	13.04	9.86	13.68	0.0138
2010065	65.85	0.8	14.44	13.51	13.15	0.0634
2010066	172.38	0.75	14.2	12.51	9.89	0
2010067	93.44	0.25	13.87	12.69	13.03	0.0336
2010068	141.43	0.59	15.6	14.89	12.22	0
2010069	60.3	0.08	15.13	15.07	13.8	0.0022
2010070	87.51	0.8	14.13	14.35	12.76	0.023
2010071	100.23	0.41	14.53	14.61	10.08	0.0014
2010072	182.63	0.63	14.15	12.75	10.25	0.0034
2010073	92.47	0.75	15.27	15.69	13.82	0.0056
2010074	65.79	0.75	15.59	15.87	14.33	0.0012
2010075	73.8	0.75	15.86	16.21	13.1	0.0032
2010076	63.18	0.78	15.23	15.23	13.09	0.0684
2010077	95.39	0.68	12.98	11.78	13.03	0.0208
2010078	148.69	0.41	13.65	12.26	12.48	0.0408
2010079	114.67	0.6	12.76	12.21	9.88	0.0044
2010080	114.98	0.8	13.04	11.02	12.16	0.0058
2010081	109.98	0.75	13.1	11.74	12.36	0.0118
2010082	105.65	0.66	13.84	13.06	13.2	0.0546
2010083	77.86	0.4	12.68	10.81	14.68	0.0148
2010084	175.03	0.53	12.17	9.58	13.99	0.0016
2010085	167.65	0.35	13.1	10.91	12.4	0.0118
2010086	117.89	0.5	15.08	15.7	13.7	0.0046
2010087	93.66	0.8	15.08	15.29	11.99	0.011
2010088	85.89	0.75	14.54	14.52	12.44	0
2010089	128.97	0.25	13.79	12.42	12.16	0
2010090	173.33	0.59	14.19	13.05	12.13	0
2010091	193.2	0.08	12	11.62	6.69	0
2010092	127.08	0.8	12.21	12.19	6.54	0
2010093	140.88	0.41	14.7	12.62	7.62	0
2010094	70.86	0.63	15.5	13.33	10.55	0
2010095	74.24	0.75	15.08	13.75	9.48	0.0064
2010096	107.43	0.75	14.52	14.17	8.68	0.0014
2010097	73.39	0.75	14.39	14.67	9.15	0.0144
2010098	53.02	0.78	14.47	14.27	9.24	0.0254
2010099	106.99	0.68	13.77	12.02	10.27	0.0008
2010100	103.01	0.41	13.41	11.4	7.83	0
2010101	180.35	0.6	12.99	11.04	8.64	0
2010102	142.26	0.8	12.92	10.46	11.34	0
2010103	146.88	0.75	12.18	10.23	8.07	0.0016
2010104	116.07	0.66	13.67	12.92	7.59	0.0024
2010105	223.64	0.4	14.33	12.92	8.21	0
2010106	184.4	0.53	13.42	12.92	7.79	0
2010107	64.94	0.35	14.02	13.89	9.26	0.0142
2010108	218.21	0.5	12.75	10.56	7.14	0
2010109	226.28	0.8	13.83	13.08	8.27	0.0014
2010110	88.38	0.75	15.73	16.49	9.63	0.0014
2010111	226.56	0.25	15.16	14.03	8.69	0.0336
2010112	167.95	0.59	14.52	13.45	7.21	0
2010113	205.94	0.08	14.37	13.4	7.25	0
2010114	229.49	0.8	14.5	13	5.91	0
2010115	126.25	0.41	14.6	13.85	6.92	0.0004
2010116	212.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2010117	34.31	0.75	16.81	18.48	9.8	0.0372
2010118	44.65	0.75	16.68	18.25	8.22	0.0328
2010119	94.59	0.75	15.56	16.42	8.23	0.0212
2010120	168.69	0.78	13.93	13.52	8.76	0.015
2010121	189.43	0.68	14.58	13.79	5	0.0038
2010122	222.82	0.41	14.02	12.41	2.81	0
2010123	209.99	0.6	12.95	12.75	3.18	0
2010124	176.79	0.8	14.01	12.51	5.77	0

2010125	100.19	0.75	14.28	14.14	7.32	0.0086
2010126	137.82	0.66	14.63	14.1	5.81	0
2010127	64.03	0.4	15.68	16.78	5.91	0.0684
2010128	105.29	0.53	15.1	15.63	5.97	0.0574
2010129	73.8	0.35	14.72	15.26	5.85	0.0412
2010130	100.23	0.5	15.11	15.98	4.79	0.0002
2010131	158.77	0.8	14.66	14.59	3.43	0
2010132	159.32	0.75	14.56	13.9	3.81	0
2010133	219.38	0.25	13.61	13.06	2.55	0
2010134	169.14	0.25	15.35	15.38	3.38	0.0018
2010135	115.49	0.25	17.34	18.15	3.79	0
2010136	244.51	0.25	18.19	17.66	2.08	0
2010137	134.74	0.25	17.51	17.3	2.94	0
2010138	98.17	0.25	17.45	18.65	4.38	0.0002
2010139	94.79	0.25	17.59	18.58	4.13	0.0012
2010140	224.13	0.25	17.46	17.04	1.96	0
2010141	267.52	0.25	16.34	14.8	1.95	0
2010142	204.98	0.25	15.73	13.8	2.05	0
2010143	126.25	0.25	17.12	16.24	4.56	0.0002
2010144	65.15	0.25	18.2	19.89	6.1	0.0116
2010145	69.32	0.25	18.26	20.02	5.35	0.1742
2010146	219.39	0.25	15.59	14.76	3.39	0.0082
2010147	222.8	0.25	15.18	13.72	2.61	0.0006
2010148	283.09	0.25	13.88	13.45	1.88	0
2010149	240.75	0.25	14.61	13.79	2.06	0
2010150	114.63	0.25	15.37	14.65	1.51	0
2010151	155.44	0.25	15.01	15.19	1.56	0
2010152	270.68	0.25	15.98	15.71	2.23	0
2010153	104.22	0.25	17.47	18.23	2.56	0.0044
2010154	129.28	0.25	18.46	18.9	3.05	0.0064
2010155	249.85	0.59	18.65	17.69	5.08	0
2010156	212.92	0.08	18.76	17.87	3.05	0
2010157	145.91	0.8	18	16.49	1.87	0
2010158	165.59	0.41	17.75	17.35	1.77	0
2010159	181.71	0.63	17.46	16.77	1.71	0
2010160	259.15	0.75	17.79	16.52	2.72	0.0008
2010161	136	0.75	17.51	17.48	2.64	0.0016
2010162	188.99	0.75	17.58	17.16	2.51	0
2010163	189.69	0.78	18.05	18.5	3.2	0.0044
2010164	65.23	0.68	18.48	19.98	4.85	0.0166
2010165	170.61	0.41	18.29	19.3	4.22	0.004
2010166	56.02	0.6	19.82	22.21	6.93	0.0014
2010167	88.65	0.8	19.71	21.89	6.66	0.001
2010168	112.71	0.75	18.48	19.76	3.62	0.2116
2010169	262.52	0.66	17.46	16.47	2.47	0
2010170	201.36	0.4	17.23	15.83	2.65	0
2010171	106.77	0.53	16.68	16.27	1.89	0
2010172	234.8	0.35	17.36	16.63	2.1	0
2010173	244.6	0.5	19.51	18.65	2.59	0
2010174	144.22	0.8	20.13	20.6	2.42	0.0002
2010175	255.68	0.75	18.74	18.93	3.08	0.002
2010176	139.49	0.75	18.07	17.41	3.91	0
2010177	154.8	0.75	17.73	16.25	4.09	0
2010178	157.18	0.75	17.75	16.01	3.02	0
2010179	229.18	0.75	17.37	16.17	2.24	0
2010180	107.85	0.75	18.93	19.4	2.57	0.0082
2010181	165.47	0.75	19.61	20.5	1.65	0.0058
2010182	218.09	0.75	18.7	18	1.85	0
2010183	137.68	0.75	19.2	19.8	2.32	0
2010184	230.48	0.75	19.07	18.83	3.92	0.0034
2010185	175.31	0.25	19.36	16.36	4.37	0
2010186	154.15	0.2	19.29	17.13	3.05	0
2010187	163.57	0.25	19.27	17.28	3.58	0
2010188	136.79	0.59	19.9	19.61	3.91	0.0082
2010189	139.26	0.08	19.82	19.3	4.17	0.0056
2010190	154.29	0.8	19.96	18.64	3.5	0.0004
2010191	187.54	0.41	19.14	18.58	2.25	0
2010192	138.02	0.63	19.26	19.16	2.72	0.0004
2010193	142.01	0.75	19.14	19.05	3.5	0.003
2010194	64.63	0.75	19.39	20.13	4.34	0
2010195	170.5	0.75	19.43	19.09	3.84	0
2010196	134.84	0.78	19.73	19.76	2.98	0
2010197	153.79	0.68	19.56	20.03	2.21	0.0002
2010198	154.81	0.41	20.07	19.87	2.62	0.0012
2010199	195.14	0.6	19.85	19.71	2.89	0.0052
2010200	166.4	0.8	20.71	19.18	2.33	0
2010201	201.08	0.75	22.11	21.03	2.98	0
2010202	267.72	0.66	22.2	21.68	2.95	0
2010203	128.74	0.4	21.96	23.39	2.28	0
2010204	131.29	0.53	22.19	24.59	2.64	0.0082
2010205	104.95	0.35	21.7	23.89	4.05	0.0014
2010206	139.83	0.5	20.93	21.86	3.62	0.0015
2010207	174.72	0.8	20.16	19.96	3.2	0.0016
2010208	186.55	0.75	19.88	19.13	2.24	0.0026
2010209	142.52	0.25	18.82	17.92	1.69	0
2010210	119.42	0.25	18.29	17.56	1.56	0

2010211	175.05	0.25	18.43	18.25	1.68	0
2010212	200.32	0.25	19.52	19.05	1.8	0
2010213	232.23	0.25	21.93	22.23	1.98	0
2010214	156.79	0.25	22.16	23.05	3.11	0.0052
2010215	179.6	0.25	21.75	22.67	5.18	0.0018
2010216	149.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2010217	194.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2010218	208.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2010219	104.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2010220	55.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2010221	128.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2010222	132.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2010223	210.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2010224	179.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2010225	121.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2010226	208.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2010227	193.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2010228	240.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2010229	234.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2010230	242.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0
2010231	152.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0
2010232	222.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0
2010233	176.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2010234	205.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2010235	128.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2010236	124.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2010237	109.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2010238	150.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2010239	82.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2010240	191.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2010241	157.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2010242	213.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2010243	226.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2010244	195.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2010245	71.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2010246	33.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2010247	75.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2010248	71.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2010249	183.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2010250	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2010251	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2010252	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2010253	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2010254	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2010255	70.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2010256	152.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2010257	183.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2010258	186.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2010259	139.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2010260	268.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2010261	210.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2010262	225.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2010263	162.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2010264	206.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2010265	147.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2010266	188.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2010267	151.07	0.75	20.43	21.23	4.81	0
2010268	208.33	0.66	19.37	17.54	4.78	0
2010269	132.17	0.4	22.37	23.17	5.72	0
2010270	145.07	0.53	21.5	23.14	5.25	0.011
2010271	197.97	0.35	21.24	20.61	5.58	0
2010272	154.57	0.5	20.16	19.42	4.75	0
2010273	197.01	0.8	19.62	19.34	5.1	0
2010274	92.57	0.75	19.57	20.41	5.27	0
2010275	121.21	0.75	19.78	20.17	3.89	0
2010276	150.22	0.75	20.37	18.78	4.09	0
2010277	67.16	0.75	20.66	20.74	5.75	0
2010278	164.7	0.75	19.97	18.93	6	0
2010279	107.57	0.75	18.05	17.7	6.45	0.0018
2010280	105.25	0.75	19.73	20.23	7.81	0.0002
2010281	46.6	0.75	19.89	21.73	8.29	0
2010282	52.85	0.75	18.68	20.18	6.39	0
2010283	83.83	0.75	18.57	18.87	5.17	0
2010284	149.44	0.25	16.64	15.14	4.88	0
2010285	120.42	0.59	16.31	13.83	3.84	0
2010286	91.11	0.08	19.65	19.48	7.84	0
2010287	103.03	0.8	18.16	18.45	5.41	0.0008
2010288	167.89	0.41	17.32	15.29	4.88	0
2010289	140.49	0.63	16.66	14.94	4.53	0
2010290	107.6	0.75	16.01	15.24	4.57	0
2010291	61.52	0.75	19.41	21.85	5.49	0
2010292	83.28	0.75	19.71	21.65	4.28	0
2010293	100.31	0.78	19.89	20.7	4.96	0
2010294	136.31	0.68	19.41	19.36	5.65	0
2010295	161.39	0.41	18.24	17.31	4.13	0
2010296	58.4	0.6	19.45	20.57	7.64	0.0144

2010297	120.34	0.8	19.11	19.77	4.5	0
2010298	48.91	0.75	18.65	20	8.03	0.0144
2010299	119.15	0.66	16.33	14.31	8.2	0.0008
2010300	120.59	0.4	16.41	14.79	6.32	0.0004
2010301	45.88	0.53	18.93	19.89	7.78	0.0014
2010302	110.56	0.35	16.86	15.67	7.58	0.0028
2010303	100.27	0.5	16.66	14.92	7.73	0.0006
2010304	62.73	0.8	17.94	18.73	7.96	0.0324
2010305	74.77	0.75	19.07	19.47	11.11	0.0064
2010306	114.25	0.25	16.73	14.02	8.7	0
2010307	143.03	0.25	14.8	12.24	7.26	0.0002
2010308	113.72	0.25	14.41	14.16	7.44	0
2010309	75.56	0.25	17.79	18.02	8.48	0.0004
2010310	100.2	0.25	16.69	17.65	7.16	0.015
2010311	111.75	0.25	16.33	16.98	7.94	0.0074
2010312	225.83	0.25	14.13	12.14	8.69	0.0224
2010313	108.27	0.25	14.03	13.33	6.71	0
2010314	79.55	0.25	17.07	15.56	7.04	0.0002
2010315	127.51	0.25	16.19	15.62	6.52	0
2010316	121.32	0.25	15.51	15.13	9.4	0.0124
2010317	86.28	0.59	15.14	14.07	10.81	0.0006
2010318	76.54	0.08	14.7	14.47	9.94	0.0072
2010319	170.3	0.8	14.91	14.23	8.96	0.0032
2010320	65.94	0.41	15.11	14.99	7.74	0.0008
2010321	82.29	0.63	14.45	14.53	8.57	0.0454
2010322	77.26	0.75	13.58	12.14	8.77	0.0098
2010323	83.94	0.75	14.01	12.69	9.33	0.007
2010324	59.41	0.75	14.62	14.24	8.9	0.0078
2010325	53.01	0.78	15.53	15.96	8.87	0.0002
2010326	155.82	0.68	15.56	15.71	9.42	0.0071
2010327	48.08	0.41	16.47	16.98	11.88	0.0004
2010328	54.88	0.6	16.31	16.38	11.84	0
2010329	90.89	0.8	15.62	14.2	9.25	0
2010330	68.08	0.75	13.74	13.2	10.34	0.0054
2010331	91.76	0.66	12.88	13.26	10.42	0.0254
2010332	72.58	0.4	13.74	13.32	11.7	0.0018
2010333	162.7	0.53	13.33	12.79	9.73	0.0029
2010334	94.33	0.35	11.7	12.84	8.36	0
2010335	71.65	0.5	14.89	15.47	9.92	0.0028
2010336	116.57	0.8	14.63	14.44	8.52	0
2010337	83.05	0.75	14.8	15.67	9.35	0.0094
2010338	73.04	0.25	15.38	16.86	11.62	0.11
2010339	53.55	0.59	15.34	16.67	10.47	0.0286
2010340	53.47	0.08	15.96	17.37	10.32	0.019
2010341	59.65	0.8	17	18.35	9.76	0.0266
2010342	80.85	0.41	17.94	18.24	10.94	0.0072
2010343	79.13	0.63	17.12	17.37	12.01	0.029
2010344	48.5	0.75	17.23	16.82	12.35	0.0068
2010345	52.22	0.75	16.56	16.7	12.94	0
2010346	44.4	0.75	18.06	18.17	12.91	0.0032
2010347	122.59	0.78	16.06	15.24	12.31	0
2010348	133.8	0.68	15.84	14.94	12.4	0
2010349	122	0.41	15.36	15.11	10.02	0
2010350	57.43	0.6	15.02	15.65	10.38	0.0024
2010351	62.75	0.8	13.51	14.04	8.6	0
2010352	64.82	0.41	13.21	14.05	8.27	0.0016
2010353	51.05	0.6	13.42	13.62	8.23	0
2010354	30.58	0.8	14.19	13.96	9.4	0
2010355	70.57	0.75	13.59	13.67	8.67	0
2010356	80.89	0.66	15.59	14.31	9.55	0
2010357	57.65	0.4	16.1	16.09	11.64	0
2010358	67.77	0.53	15	15.26	10.75	0
2010359	94	0.35	13.12	12.42	9.75	0
2010360	68.79	0.5	13.3	14.06	9.54	0
2010361	89.09	0.8	13.17	11.75	10.6	0
2010362	75.91	0.75	12.29	11.79	9.32	0
2010363	60.25	0.25	12.54	12.7	8.57	0
2010364	73.05	0.59	14.45	14.03	8.92	0
2010365	91.56	0.08	13.27	14.7	8.13	0
2011001	84.11	0.25	14.37	14.2	9.84	0
2011002	84.11	0.25	14.37	14.2	7.84	0
2011003	83.05	0.59	16.42	15	9.06	0
2011004	71.78	0.08	17.08	15.11	9.36	0
2011005	82.71	0.8	17.06	16.23	10.27	0
2011006	82.89	0.41	14.86	13.56	8.87	0
2011007	72.97	0.63	12.39	11.54	7.47	0
2011008	53.81	0.75	13.27	13.59	8.6	0
2011009	65.05	0.75	13.8	11.63	11.52	0
2011010	77	0.75	14.28	14.15	10.26	0
2011011	114.66	0.78	14	14	7.24	0
2011012	82.88	0.68	14.49	14.25	8.84	0
2011013	100.32	0.41	15.24	14.1	9.14	0
2011014	108.03	0.6	14.13	12.11	8.72	0
2011015	43.04	0.8	15.52	14.62	10.51	0
2011016	93.19	0.75	13.81	11.43	9.71	0
2011017	67.24	0.66	14.33	12.06	9.39	0

2011018	107.05	0.4	15.26	14.1	12.55	0
2011019	129.3	0.53	14.88	15.05	12.37	0.0088
2011020	89.67	0.35	15.44	14.71	10.08	0.0004
2011021	83.13	0.5	15.76	14.17	9.81	0.0004
2011022	104.88	0.8	15.18	13.94	8.66	0.0016
2011023	131.17	0.75	16.35	13.44	10.49	0
2011024	53.46	0.25	16.91	16.23	11.07	0.0436
2011025	97.29	0.59	15.87	14.79	9.23	0.0066
2011026	47.23	0.08	13.57	6.89	8.51	0.003
2011027	55.28	0.8	13.82	14.56	7.28	0
2011028	100.32	0.41	14.8	12.7	11.41	0
2011029	108.03	0.63	13.3	11.18	8.11	0
2011030	43.04	0.75	13.3	11.15	8	0
2011031	100.32	0.75	13.25	11.55	8.67	0
2011032	108.03	0.75	14.14	12.61	8.35	0
2011033	43.04	0.78	13.95	12.33	7.95	0
2011034	93.19	0.68	12.39	12.02	8.15	0.003
2011035	67.24	0.41	13.82	12.68	7.98	0
2011036	107.05	0.6	13.24	13.09	7.51	0.0008
2011037	129.3	0.8	14.28	13.36	8.95	0.0008
2011038	89.67	0.75	12.28	11.02	8.7	0.0016
2011039	100.32	0.66	13.02	13.38	8.15	0.0068
2011040	108.03	0.4	15.42	15.46	10.6	0.0216
2011041	43.04	0.53	14.21	12.44	9.58	0
2011042	93.19	0.35	13.65	12.06	8.4	0.0002
2011043	67.24	0.5	14.04	12.17	8.2	0
2011044	107.05	0.8	12.36	12.26	8.19	0
2011045	129.3	0.75	14.43	14.05	10.34	0.008
2011046	89.67	0.25	14.18	13.63	15.31	0.0076
2011047	83.13	0.59	14.33	12.68	12.12	0.0002
2011048	104.88	0.08	14.61	13.62	10.37	0
2011049	34.97	0.8	14.41	12.59	9.37	0
2011050	61.4	0.41	13.91	12.48	10.76	0.0002
2011051	101.91	0.63	13.96	13.18	13.21	0.0032
2011052	67.69	0.75	13.52	12.7	9.12	0
2011053	126.08	0.75	13.71	12.33	9.45	0.001
2011054	142.21	0.75	14.42	12.4	11.16	0.0004
2011055	77.53	0.78	14.57	13.8	10.47	0.0172
2011056	105.21	0.68	14.91	14.04	8.39	0.0014
2011057	59.04	0.41	14.63	13.57	9.75	0.0286
2011058	45.35	0.6	13.62	13.98	12.53	0.0236
2011059	113.18	0.8	13.06	11	13.94	0.001
2011060	154.55	0.75	12.47	10.15	9.81	0
2011061	80.35	0.66	12.2	10.53	9.42	0.0006
2011062	87.49	0.4	12.6	11.07	15.05	0.0048
2011063	145.81	0.53	12.73	10.96	10.26	0.0034
2011064	109.33	0.35	12.44	11.52	8.66	0
2011065	73.81	0.5	14.04	11.86	12.68	0.0138
2011066	60.85	0.8	15.44	15.51	12.15	0.0634
2011067	167.38	0.75	15.2	14.51	8.89	0
2011068	88.44	0.25	14.87	14.69	12.03	0.0336
2011069	136.43	0.59	16.6	16.89	11.22	0
2011070	55.3	0.08	16.13	17.07	12.8	0.0022
2011071	82.51	0.8	15.13	16.35	11.76	0.023
2011072	95.23	0.41	15.53	16.61	9.08	0.0014
2011073	177.63	0.63	15.15	14.75	9.25	0.0034
2011074	87.47	0.75	16.27	17.69	12.82	0.0056
2011075	60.79	0.75	16.59	17.87	13.33	0.0012
2011076	68.8	0.75	16.86	18.21	12.1	0.0032
2011077	58.18	0.78	16.23	17.23	12.09	0.0684
2011078	90.39	0.68	13.98	13.78	12.03	0.0208
2011079	143.69	0.41	14.65	14.26	11.48	0.0408
2011080	109.67	0.6	13.76	14.21	8.88	0.0044
2011081	109.98	0.8	14.04	13.02	11.16	0.0058
2011082	104.98	0.75	14.1	13.74	11.36	0.0118
2011083	100.65	0.66	14.84	15.06	12.2	0.0546
2011084	72.86	0.4	13.68	12.81	13.68	0.0148
2011085	170.03	0.53	13.17	11.58	12.99	0.0016
2011086	162.65	0.35	14.1	12.91	11.4	0.0118
2011087	112.89	0.5	16.08	17.7	12.7	0.0046
2011088	88.66	0.8	16.08	17.29	10.99	0.011
2011089	80.89	0.75	15.54	16.52	11.44	0
2011090	123.97	0.25	14.79	14.42	11.16	0
2011091	168.33	0.59	15.19	15.05	11.13	0
2011092	188.2	0.08	13	13.62	5.69	0
2011093	122.08	0.8	13.21	14.19	5.54	0
2011094	135.88	0.41	15.7	14.62	6.62	0
2011095	65.86	0.63	16.5	15.33	9.55	0
2011096	69.24	0.75	16.08	15.75	8.48	0.0064
2011097	102.43	0.75	15.52	16.17	7.68	0.0014
2011098	68.39	0.75	15.39	16.67	8.15	0.0144
2011099	48.02	0.78	15.47	16.27	8.24	0.0254
2011100	101.99	0.68	14.77	14.02	9.27	0.0008
2011101	98.01	0.41	14.41	13.4	6.83	0
2011102	175.35	0.6	13.99	13.04	7.64	0
2011103	137.26	0.8	13.92	12.46	10.34	0

2011104	141.88	0.75	13.18	12.23	7.07	0.0016
2011105	111.07	0.66	14.67	14.92	6.59	0.0024
2011106	218.64	0.4	15.33	14.92	7.21	0
2011107	179.4	0.53	14.42	14.92	6.79	0
2011108	59.94	0.35	15.02	15.89	8.26	0.0142
2011109	213.21	0.5	13.75	12.56	6.14	0
2011110	221.28	0.8	14.83	15.08	7.27	0.0014
2011111	83.38	0.75	16.73	18.49	9.63	0.0014
2011112	221.56	0.25	16.16	16.03	8.69	0.0336
2011113	162.95	0.59	15.52	15.45	7.21	0
2011114	200.94	0.08	15.37	15.4	7.25	0
2011115	224.49	0.8	15.5	15	5.91	0
2011116	121.25	0.41	15.6	15.85	6.92	0.0004
2011117	207.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2011118	29.31	0.75	16.81	18.48	10.8	0.0372
2011119	39.65	0.75	16.68	18.25	9.22	0.0328
2011120	89.59	0.75	15.56	16.42	9.23	0.0212
2011121	163.69	0.78	13.93	13.52	9.76	0.015
2011122	184.43	0.68	14.58	13.79	6	0.0038
2011123	217.82	0.41	14.02	12.41	3.81	0
2011124	204.99	0.6	12.95	12.75	4.18	0
2011125	171.79	0.8	14.01	12.51	6.77	0
2011126	95.19	0.75	14.28	14.14	8.32	0.0086
2011127	132.82	0.66	14.63	14.1	6.81	0
2011128	59.03	0.4	15.68	16.78	6.91	0.0684
2011129	100.29	0.53	15.1	15.63	6.97	0.0574
2011130	68.8	0.35	14.72	15.26	6.85	0.0412
2011131	95.23	0.5	15.11	15.98	5.79	0.0002
2011132	153.77	0.8	14.66	14.59	4.43	0
2011133	154.32	0.75	14.56	13.9	4.81	0
2011134	214.38	0.25	13.61	13.06	3.55	0
2011135	164.14	0.25	15.35	15.38	4.38	0.0018
2011136	110.49	0.25	17.34	18.15	4.79	0
2011137	239.51	0.25	18.19	17.66	3.08	0
2011138	129.74	0.25	17.51	17.3	3.94	0
2011139	93.17	0.25	17.45	18.65	5.38	0.0002
2011140	89.79	0.25	17.59	18.58	5.13	0.0012
2011141	219.13	0.25	17.46	17.04	2.96	0
2011142	262.52	0.25	16.34	14.8	2.95	0
2011143	199.98	0.25	15.73	13.8	3.05	0
2011144	121.25	0.25	17.12	16.24	5.56	0.0002
2011145	60.15	0.25	18.2	19.89	7.1	0.0116
2011146	64.32	0.25	18.26	20.02	6.35	0.1742
2011147	214.39	0.25	15.59	14.76	4.39	0.0082
2011148	217.8	0.25	15.18	13.72	3.61	0.0006
2011149	278.09	0.25	13.88	13.45	2.88	0
2011150	235.75	0.25	14.61	13.79	3.06	0
2011151	109.63	0.25	15.37	14.65	2.51	0
2011152	150.44	0.25	15.01	15.19	2.56	0
2011153	265.68	0.25	15.98	15.71	3.23	0
2011154	99.22	0.25	17.47	18.23	3.56	0.0044
2011155	124.28	0.25	18.46	18.9	4.05	0.0064
2011156	244.85	0.59	18.65	17.69	6.08	0
2011157	207.92	0.08	18.76	17.87	4.05	0
2011158	140.91	0.8	18	16.49	2.87	0
2011159	160.59	0.41	17.75	17.35	2.77	0
2011160	181.71	0.63	17.46	16.77	2.71	0
2011161	259.15	0.75	17.79	16.52	3.72	0.0008
2011162	136	0.75	17.51	17.48	3.64	0.0016
2011163	188.99	0.75	17.58	17.16	3.51	0
2011164	189.69	0.78	18.05	18.5	4.2	0.0044
2011165	65.23	0.68	18.48	19.98	5.85	0.0166
2011166	170.61	0.41	18.29	19.3	5.22	0.004
2011167	56.02	0.6	19.82	22.21	7.93	0.0014
2011168	88.65	0.8	19.71	21.89	7.66	0.001
2011169	112.71	0.75	18.48	19.76	4.62	0.2116
2011170	262.52	0.66	17.46	16.47	3.47	0
2011171	201.36	0.4	17.23	15.83	3.65	0
2011172	106.77	0.53	16.68	16.27	2.89	0
2011173	234.8	0.35	17.36	16.63	3.1	0
2011174	244.6	0.5	19.51	18.65	3.59	0
2011175	144.22	0.8	20.13	20.6	3.42	0.0002
2011176	255.68	0.75	18.74	18.93	4.08	0.002
2011177	139.49	0.75	18.07	17.41	4.91	0
2011178	154.8	0.75	17.73	16.25	5.09	0
2011179	157.18	0.75	17.75	16.01	4.02	0
2011180	229.18	0.75	17.37	16.17	3.24	0
2011181	107.85	0.75	18.93	19.4	3.57	0.0082
2011182	165.47	0.75	19.61	20.5	2.65	0.0058
2011183	218.09	0.75	18.7	18	2.85	0
2011184	137.68	0.75	19.2	19.8	3.32	0
2011185	230.48	0.75	19.07	18.83	4.92	0.0034
2011186	175.31	0.25	19.36	16.36	5.37	0
2011187	154.15	0.2	19.29	17.13	4.05	0
2011188	163.57	0.25	19.27	17.28	4.58	0
2011189	136.79	0.59	19.9	19.61	4.91	0.0082

2011190	139.26	0.08	19.82	19.3	5.17	0.0056
2011191	154.29	0.8	19.96	18.64	4.5	0.0004
2011192	187.54	0.41	19.14	18.58	3.25	0
2011193	138.02	0.63	19.26	19.16	3.72	0.0004
2011194	142.01	0.75	19.14	19.05	4.5	0.003
2011195	64.63	0.75	19.39	20.13	5.34	0
2011196	170.5	0.75	19.43	19.09	4.84	0
2011197	134.84	0.78	19.73	19.76	3.98	0
2011198	153.79	0.68	19.56	20.03	3.21	0.0002
2011199	154.81	0.41	20.07	19.87	3.62	0.0012
2011200	195.14	0.6	19.85	19.71	3.89	0.0052
2011201	166.4	0.8	20.71	19.18	3.33	0
2011202	201.08	0.75	22.11	21.03	3.98	0
2011203	267.72	0.66	22.2	21.68	3.95	0
2011204	128.74	0.4	21.96	23.39	3.28	0
2011205	131.29	0.53	22.19	24.59	3.64	0.0082
2011206	104.95	0.35	21.7	23.89	5.05	0.0014
2011207	144.83	0.5	20.93	21.86	4.62	0.0015
2011208	179.72	0.8	20.16	19.96	4.2	0.0016
2011209	191.55	0.75	19.88	19.13	3.24	0.0026
2011210	147.52	0.25	18.82	17.92	2.69	0
2011211	124.42	0.25	18.29	17.56	2.56	0
2011212	180.05	0.25	18.43	18.25	2.68	0
2011213	205.32	0.25	19.52	19.05	2.8	0
2011214	237.23	0.25	21.93	22.23	2.98	0
2011215	161.79	0.25	22.16	23.05	4.11	0.0052
2011216	184.6	0.25	21.75	22.67	6.18	0.0018
2011217	154.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2011218	199.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2011219	213.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2011220	109.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2011221	60.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2011222	133.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2011223	137.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2011224	215.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2011225	184.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2011226	126.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2011227	213.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2011228	198.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2011229	245.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2011230	239.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2011231	247.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0
2011232	157.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0
2011233	227.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0
2011234	181.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2011235	210.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2011236	133.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2011237	129.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2011238	114.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2011239	155.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2011240	87.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2011241	196.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2011242	162.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2011243	218.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2011244	231.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2011245	200.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2011246	76.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2011247	38.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2011248	80.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2011249	76.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2011250	188.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2011251	188.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2011252	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2011253	188.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2011254	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2011255	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2011256	75.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2011257	157.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2011258	188.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2011259	191.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2011260	144.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2011261	273.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2011262	215.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2011263	230.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2011264	167.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2011265	211.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2011266	152.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2011267	193.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2011268	156.07	0.75	20.43	21.23	3.81	0
2011269	213.33	0.66	19.37	17.54	3.78	0
2011270	137.17	0.4	22.37	23.17	4.72	0
2011271	150.07	0.53	21.5	23.14	4.25	0.011
2011272	202.97	0.35	21.24	20.61	4.58	0
2011273	159.57	0.5	20.16	19.42	3.75	0
2011274	202.01	0.8	19.62	19.34	4.1	0
2011275	92.57	0.75	19.57	20.41	4.27	0

2011276	121.21	0.75	19.78	20.17	2.89	0
2011277	150.22	0.75	20.37	18.78	3.09	0
2011278	67.16	0.75	20.66	20.74	4.75	0
2011279	164.7	0.75	19.97	18.93	5	0
2011280	107.57	0.75	18.05	17.7	5.45	0.0018
2011281	105.25	0.75	19.73	20.23	6.81	0.0002
2011282	46.6	0.75	19.89	21.73	7.29	0
2011283	52.85	0.75	18.68	20.18	5.39	0
2011284	83.83	0.75	18.57	18.87	4.17	0
2011285	149.44	0.25	16.64	15.14	3.88	0
2011286	120.42	0.59	16.31	13.83	2.84	0
2011287	91.11	0.08	19.65	19.48	6.84	0
2011288	103.03	0.8	18.16	18.45	4.41	0.0008
2011289	167.89	0.41	17.32	15.29	3.88	0
2011290	140.49	0.63	16.66	14.94	3.53	0
2011291	107.6	0.75	16.01	15.24	3.57	0
2011292	61.52	0.75	19.41	21.85	4.49	0
2011293	83.28	0.75	19.71	21.65	3.28	0
2011294	100.31	0.78	19.89	20.7	3.96	0
2011295	136.31	0.68	19.41	19.36	4.65	0
2011296	161.39	0.41	18.24	17.31	3.13	0
2011297	58.4	0.6	19.45	20.57	6.64	0.0144
2011298	120.34	0.8	19.11	19.77	3.5	0
2011299	48.91	0.75	18.65	20	6.03	0.0144
2011300	119.15	0.66	16.33	14.31	6.2	0.0008
2011301	120.59	0.4	16.41	14.79	4.32	0.0004
2011302	45.88	0.53	18.93	19.89	5.78	0.0014
2011303	110.56	0.35	16.86	15.67	5.58	0.0028
2011304	100.27	0.5	16.66	14.92	5.73	0.0006
2011305	62.73	0.8	17.94	18.73	5.96	0.0324
2011306	74.77	0.75	19.07	19.47	9.11	0.0064
2011307	114.25	0.25	16.73	14.02	6.7	0
2011308	143.03	0.25	14.8	12.24	5.26	0.0002
2011309	113.72	0.25	14.41	14.16	5.44	0
2011310	75.56	0.25	17.79	18.02	6.48	0.0004
2011311	100.2	0.25	16.69	17.65	5.16	0.015
2011312	111.75	0.25	16.33	16.98	5.94	0.0074
2011313	225.83	0.25	14.13	12.14	6.69	0.0224
2011314	108.27	0.25	14.03	13.33	4.71	0
2011315	79.55	0.25	17.07	15.56	5.04	0.0002
2011316	127.51	0.25	16.19	15.62	4.52	0
2011317	121.32	0.25	15.51	15.13	7.4	0.0124
2011318	86.28	0.59	15.14	14.07	8.81	0.0006
2011319	76.54	0.08	14.7	14.47	7.94	0.0072
2011320	170.3	0.8	14.91	14.23	6.96	0.0032
2011321	65.94	0.41	15.11	14.99	5.74	0.0008
2011322	82.29	0.63	14.45	14.53	6.57	0.0454
2011323	77.26	0.75	13.58	12.14	6.77	0.0098
2011324	83.94	0.75	14.01	12.69	7.33	0.007
2011325	59.41	0.75	14.62	14.24	6.9	0.0078
2011326	53.01	0.78	15.53	15.96	6.87	0.0002
2011327	155.82	0.68	15.56	15.71	7.42	0.0071
2011328	48.08	0.41	16.47	16.98	9.88	0.0004
2011329	54.88	0.6	16.31	16.38	9.84	0
2011330	90.89	0.8	15.62	14.2	7.25	0
2011331	68.08	0.75	13.74	13.2	8.34	0.0054
2011332	91.76	0.66	12.88	13.26	8.42	0.0254
2011333	72.58	0.4	13.74	13.32	9.7	0.0018
2011334	162.7	0.53	13.33	12.79	7.73	0.0029
2011335	94.33	0.35	11.7	12.84	6.36	0
2011336	71.65	0.5	14.89	15.47	7.92	0.0028
2011337	116.57	0.8	14.63	14.44	6.52	0
2011338	83.05	0.75	14.8	15.67	7.35	0.0094
2011339	73.04	0.25	15.38	16.86	9.62	0.11
2011340	53.55	0.59	15.34	16.67	8.47	0.0286
2011341	53.47	0.08	15.96	17.37	8.32	0.019
2011342	59.65	0.8	17	18.35	7.76	0.0266
2011343	80.85	0.41	17.94	18.24	8.94	0.0072
2011344	79.13	0.63	17.12	17.37	10.01	0.029
2011345	48.5	0.75	17.23	16.82	10.35	0.0068
2011346	52.22	0.75	16.56	16.7	10.94	0
2011347	44.4	0.75	18.06	18.17	10.91	0.0032
2011348	122.59	0.78	16.06	15.24	10.31	0
2011349	133.8	0.68	15.84	14.94	10.4	0
2011350	122	0.41	15.36	15.11	8.02	0
2011351	57.43	0.6	15.02	15.65	8.38	0.0024
2011352	62.75	0.8	13.51	14.04	6.6	0
2011353	64.82	0.41	13.21	14.05	6.27	0.0016
2011354	51.05	0.6	13.42	13.62	6.23	0
2011355	30.58	0.8	14.19	13.96	7.4	0
2011356	70.57	0.75	13.59	13.67	6.67	0
2011357	80.89	0.66	15.59	14.31	7.55	0
2011358	57.65	0.4	16.1	16.09	9.64	0
2011359	67.77	0.53	15	15.26	8.75	0
2011360	94	0.35	13.12	12.42	7.75	0
2011361	68.79	0.5	13.3	14.06	7.54	0

2011362	89.09	0.8	13.17	11.75	8.6	0
2011363	75.91	0.75	12.29	11.79	7.32	0
2011364	60.25	0.25	12.54	12.7	6.57	0
2011365	73.05	0.59	14.45	14.03	6.92	0
2012001	84.11	0.25	15.37	15.2	8.84	0
2012002	83.05	0.59	17.42	16	10.06	0
2012003	71.78	0.08	18.08	16.11	10.36	0
2012004	82.71	0.8	18.06	17.23	11.27	0
2012005	82.89	0.41	15.86	14.56	9.87	0
2012006	72.97	0.63	13.39	12.54	8.47	0
2012007	53.81	0.75	14.27	14.59	9.6	0
2012008	65.05	0.75	14.8	12.63	12.52	0
2012009	77	0.75	15.28	15.15	11.26	0
2012010	114.66	0.78	15	15	8.24	0
2012011	82.88	0.68	15.49	15.25	9.84	0
2012012	100.32	0.41	16.24	15.1	10.14	0
2012013	108.03	0.6	15.13	13.11	9.72	0
2012014	43.04	0.8	16.52	15.62	11.51	0
2012015	93.19	0.75	14.81	12.43	10.71	0
2012016	67.24	0.66	15.33	13.06	10.39	0
2012017	107.05	0.4	16.26	15.1	13.55	0
2012018	129.3	0.53	15.88	16.05	13.37	0.0088
2012019	89.67	0.35	16.44	15.71	11.08	0.0004
2012020	83.13	0.5	16.76	15.17	10.81	0.0004
2012021	104.88	0.8	16.18	14.94	9.66	0.0016
2012022	131.17	0.75	17.35	14.44	11.49	0
2012023	53.46	0.25	17.91	17.23	12.07	0.0436
2012024	97.29	0.59	16.87	15.79	10.23	0.0066
2012025	47.23	0.08	14.57	7.89	9.51	0.003
2012026	55.28	0.8	14.82	15.56	8.28	0
2012027	100.32	0.41	15.8	13.7	12.41	0
2012028	108.03	0.63	14.3	12.18	9.11	0
2012029	43.04	0.75	14.3	12.15	9	0
2012030	100.32	0.75	14.25	12.55	9.67	0
2012031	108.03	0.75	15.14	13.61	9.35	0
2012032	43.04	0.78	14.95	13.33	8.95	0
2012033	93.19	0.68	13.39	13.02	9.15	0.003
2012034	67.24	0.41	14.82	13.68	8.98	0
2012035	107.05	0.6	14.24	14.09	8.51	0.0008
2012036	129.3	0.8	15.28	14.36	9.95	0.0008
2012037	89.67	0.75	13.28	12.02	9.7	0.0016
2012038	100.32	0.66	14.02	14.38	9.15	0.0068
2012039	108.03	0.4	16.42	16.46	11.6	0.0216
2012040	43.04	0.53	15.21	13.44	10.58	0
2012041	93.19	0.35	14.65	13.06	9.4	0.0002
2012042	67.24	0.5	15.04	13.17	9.2	0
2012043	112.05	0.8	13.36	13.26	9.19	0
2012044	134.3	0.75	15.43	15.05	11.34	0.008
2012045	94.67	0.25	15.18	14.63	16.31	0.0076
2012046	88.13	0.59	15.33	13.68	13.12	0.0002
2012047	109.88	0.08	15.61	14.62	11.37	0
2012048	39.97	0.8	15.41	13.59	10.37	0
2012049	66.4	0.41	14.91	13.48	11.76	0.0002
2012050	106.91	0.63	14.96	14.18	14.21	0.0032
2012051	72.69	0.75	14.52	13.7	10.12	0
2012052	131.08	0.75	14.71	13.33	10.45	0.001
2012053	147.21	0.75	15.42	13.4	12.16	0.0004
2012054	82.53	0.78	15.57	14.8	11.47	0.0172
2012055	110.21	0.68	15.91	15.04	9.39	0.0014
2012056	64.04	0.41	15.63	14.57	10.75	0.0286
2012057	50.35	0.6	12.62	11.98	13.53	0.0236
2012058	118.18	0.8	12.06	9	14.94	0.001
2012059	159.55	0.75	11.47	8.15	10.81	0
2012060	85.35	0.66	11.2	8.53	10.42	0.0006
2012061	92.49	0.4	11.6	9.07	16.05	0.0048
2012062	150.81	0.53	11.73	8.96	11.26	0.0034
2012063	114.33	0.35	11.44	9.52	9.66	0
2012064	78.81	0.5	13.04	9.86	13.68	0.0138
2012065	65.85	0.8	14.44	13.51	13.15	0.0634
2012066	172.38	0.75	14.2	12.51	9.89	0
2012067	93.44	0.25	13.87	12.69	13.03	0.0336
2012068	141.43	0.59	15.6	14.89	12.22	0
2012069	60.3	0.08	15.13	15.07	13.8	0.0022
2012070	87.51	0.8	14.13	14.35	12.76	0.023
2012071	100.23	0.41	14.53	14.61	10.08	0.0014
2012072	182.63	0.63	14.15	12.75	10.25	0.0034
2012073	92.47	0.75	15.27	15.69	13.82	0.0056
2012074	65.79	0.75	15.59	15.87	14.33	0.0012
2012075	73.8	0.75	15.86	16.21	13.1	0.0032
2012076	63.18	0.78	15.23	15.23	13.09	0.0684
2012077	95.39	0.68	12.98	11.78	13.03	0.0208
2012078	148.69	0.41	13.65	12.26	12.48	0.0408
2012079	114.67	0.6	12.76	12.21	9.88	0.0044
2012080	114.98	0.8	13.04	11.02	12.16	0.0058
2012081	109.98	0.75	13.1	11.74	12.36	0.0118
2012082	105.65	0.66	13.84	13.06	13.2	0.0546

2012083	77.86	0.4	12.68	10.81	14.68	0.0148
2012084	175.03	0.53	12.17	9.58	13.99	0.0016
2012085	167.65	0.35	13.1	10.91	12.4	0.0118
2012086	117.89	0.5	15.08	15.7	13.7	0.0046
2012087	93.66	0.8	15.08	15.29	11.99	0.011
2012088	85.89	0.75	14.54	14.52	12.44	0
2012089	128.97	0.25	13.79	12.42	12.16	0
2012090	173.33	0.59	14.19	13.05	12.13	0
2012091	193.2	0.08	12	11.62	6.69	0
2012092	127.08	0.8	12.21	12.19	6.54	0
2012093	140.88	0.41	14.7	12.62	7.62	0
2012094	70.86	0.63	15.5	13.33	10.55	0
2012095	74.24	0.75	15.08	13.75	9.48	0.0064
2012096	107.43	0.75	14.52	14.17	8.68	0.0014
2012097	73.39	0.75	14.39	14.67	9.15	0.0144
2012098	53.02	0.78	14.47	14.27	9.24	0.0254
2012099	106.99	0.68	13.77	12.02	10.27	0.0008
2012100	103.01	0.41	13.41	11.4	7.83	0
2012101	180.35	0.6	12.99	11.04	8.64	0
2012102	142.26	0.8	12.92	10.46	11.34	0
2012103	146.88	0.75	12.18	10.23	8.07	0.0016
2012104	116.07	0.66	13.67	12.92	7.59	0.0024
2012105	223.64	0.4	14.33	12.92	8.21	0
2012106	184.4	0.53	13.42	12.92	7.79	0
2012107	64.94	0.35	14.02	13.89	9.26	0.0142
2012108	218.21	0.5	12.75	10.56	7.14	0
2012109	226.28	0.8	13.83	13.08	8.27	0.0014
2012110	88.38	0.75	15.73	16.49	9.63	0.0014
2012111	226.56	0.25	15.16	14.03	8.69	0.0336
2012112	167.95	0.59	14.52	13.45	7.21	0
2012113	205.94	0.08	14.37	13.4	7.25	0
2012114	229.49	0.8	14.5	13	5.91	0
2012115	126.25	0.41	14.6	13.85	6.92	0.0004
2012116	212.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2012117	34.31	0.75	16.81	18.48	9.8	0.0372
2012118	44.65	0.75	16.68	18.25	8.22	0.0328
2012119	94.59	0.75	15.56	16.42	8.23	0.0212
2012120	168.69	0.78	13.93	13.52	8.76	0.015
2012121	189.43	0.68	14.58	13.79	5	0.0038
2012122	222.82	0.41	14.02	12.41	2.81	0
2012123	209.99	0.6	12.95	12.75	3.18	0
2012124	176.79	0.8	14.01	12.51	5.77	0
2012125	100.19	0.75	14.28	14.14	7.32	0.0086
2012126	137.82	0.66	14.63	14.1	5.81	0
2012127	64.03	0.4	15.68	16.78	5.91	0.0684
2012128	105.29	0.53	15.1	15.63	5.97	0.0574
2012129	73.8	0.35	14.72	15.26	5.85	0.0412
2012130	100.23	0.5	15.11	15.98	4.79	0.0002
2012131	158.77	0.8	14.66	14.59	3.43	0
2012132	159.32	0.75	14.56	13.9	3.81	0
2012133	219.38	0.25	13.61	13.06	2.55	0
2012134	169.14	0.25	15.35	15.38	3.38	0.0018
2012135	115.49	0.25	17.34	18.15	3.79	0
2012136	244.51	0.25	18.19	17.66	2.08	0
2012137	134.74	0.25	17.51	17.3	2.94	0
2012138	98.17	0.25	17.45	18.65	4.38	0.0002
2012139	94.79	0.25	17.59	18.58	4.13	0.0012
2012140	224.13	0.25	17.46	17.04	1.96	0
2012141	267.52	0.25	16.34	14.8	1.95	0
2012142	204.98	0.25	15.73	13.8	2.05	0
2012143	126.25	0.25	17.12	16.24	4.56	0.0002
2012144	65.15	0.25	18.2	19.89	6.1	0.0116
2012145	69.32	0.25	18.26	20.02	5.35	0.1742
2012146	219.39	0.25	15.59	14.76	3.39	0.0082
2012147	222.8	0.25	15.18	13.72	2.61	0.0006
2012148	283.09	0.25	13.88	13.45	1.88	0
2012149	240.75	0.25	14.61	13.79	2.06	0
2012150	114.63	0.25	15.37	14.65	1.51	0
2012151	155.44	0.25	15.01	15.19	1.56	0
2012152	270.68	0.25	15.98	15.71	2.23	0
2012153	104.22	0.25	17.47	18.23	2.56	0.0044
2012154	129.28	0.25	18.46	18.9	3.05	0.0064
2012155	249.85	0.59	18.65	17.69	5.08	0
2012156	212.92	0.08	18.76	17.87	3.05	0
2012157	145.91	0.8	18	16.49	1.87	0
2012158	165.59	0.41	17.75	17.35	1.77	0
2012159	181.71	0.63	17.46	16.77	1.71	0
2012160	259.15	0.75	17.79	16.52	2.72	0.0008
2012161	136	0.75	17.51	17.48	2.64	0.0016
2012162	188.99	0.75	17.58	17.16	2.51	0
2012163	189.69	0.78	18.05	18.5	3.2	0.0044
2012164	65.23	0.68	18.48	19.98	4.85	0.0166
2012165	170.61	0.41	18.29	19.3	4.22	0.004
2012166	56.02	0.6	19.82	22.21	6.93	0.0014
2012167	88.65	0.8	19.71	21.89	6.66	0.001
2012168	112.71	0.75	18.48	19.76	3.62	0.2116

2012169	262.52	0.66	17.46	16.47	2.47	0
2012170	201.36	0.4	17.23	15.83	2.65	0
2012171	106.77	0.53	16.68	16.27	1.89	0
2012172	234.8	0.35	17.36	16.63	2.1	0
2012173	244.6	0.5	19.51	18.65	2.59	0
2012174	144.22	0.8	20.13	20.6	2.42	0.0002
2012175	255.68	0.75	18.74	18.93	3.08	0.002
2012176	139.49	0.75	18.07	17.41	3.91	0
2012177	154.8	0.75	17.73	16.25	4.09	0
2012178	157.18	0.75	17.75	16.01	3.02	0
2012179	229.18	0.75	17.37	16.17	2.24	0
2012180	107.85	0.75	18.93	19.4	2.57	0.0082
2012181	165.47	0.75	19.61	20.5	1.65	0.0058
2012182	218.09	0.75	18.7	18	1.85	0
2012183	137.68	0.75	19.2	19.8	2.32	0
2012184	230.48	0.75	19.07	18.83	3.92	0.0034
2012185	175.31	0.25	19.36	16.36	4.37	0
2012186	154.15	0.2	19.29	17.13	3.05	0
2012187	163.57	0.25	19.27	17.28	3.58	0
2012188	136.79	0.59	19.9	19.61	3.91	0.0082
2012189	139.26	0.08	19.82	19.3	4.17	0.0056
2012190	154.29	0.8	19.96	18.64	3.5	0.0004
2012191	187.54	0.41	19.14	18.58	2.25	0
2012192	138.02	0.63	19.26	19.16	2.72	0.0004
2012193	142.01	0.75	19.14	19.05	3.5	0.003
2012194	64.63	0.75	19.39	20.13	4.34	0
2012195	170.5	0.75	19.43	19.09	3.84	0
2012196	134.84	0.78	19.73	19.76	2.98	0
2012197	153.79	0.68	19.56	20.03	2.21	0.0002
2012198	154.81	0.41	20.07	19.87	2.62	0.0012
2012199	195.14	0.6	19.85	19.71	2.89	0.0052
2012200	166.4	0.8	20.71	19.18	2.33	0
2012201	201.08	0.75	22.11	21.03	2.98	0
2012202	267.72	0.66	22.2	21.68	2.95	0
2012203	128.74	0.4	21.96	23.39	2.28	0
2012204	131.29	0.53	22.19	24.59	2.64	0.0082
2012205	104.95	0.35	21.7	23.89	4.05	0.0014
2012206	139.83	0.5	20.93	21.86	3.62	0.0015
2012207	174.72	0.8	20.16	19.96	3.2	0.0016
2012208	186.55	0.75	19.88	19.13	2.24	0.0026
2012209	142.52	0.25	18.82	17.92	1.69	0
2012210	119.42	0.25	18.29	17.56	1.56	0
2012211	175.05	0.25	18.43	18.25	1.68	0
2012212	200.32	0.25	19.52	19.05	1.8	0
2012213	232.23	0.25	21.93	22.23	1.98	0
2012214	156.79	0.25	22.16	23.05	3.11	0.0052
2012215	179.6	0.25	21.75	22.67	5.18	0.0018
2012216	149.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2012217	194.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2012218	208.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2012219	104.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2012220	55.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2012221	128.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2012222	132.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2012223	210.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2012224	179.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2012225	121.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2012226	208.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2012227	193.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2012228	240.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2012229	234.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2012230	242.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0
2012231	152.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0
2012232	222.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0
2012233	176.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2012234	205.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2012235	128.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2012236	124.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2012237	109.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2012238	150.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2012239	82.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2012240	191.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2012241	157.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2012242	213.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2012243	226.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2012244	195.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2012245	71.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2012246	33.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2012247	75.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2012248	71.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2012249	183.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2012250	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2012251	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2012252	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2012253	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2012254	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004

2012255	70.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2012256	152.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2012257	183.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2012258	186.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2012259	139.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2012260	268.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2012261	210.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2012262	225.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2012263	162.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2012264	206.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2012265	147.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2012266	188.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2012267	151.07	0.75	20.43	21.23	4.81	0
2012268	208.33	0.66	19.37	17.54	4.78	0
2012269	132.17	0.4	22.37	23.17	5.72	0
2012270	145.07	0.53	21.5	23.14	5.25	0.011
2012271	197.97	0.35	21.24	20.61	5.58	0
2012272	154.57	0.5	20.16	19.42	4.75	0
2012273	197.01	0.8	19.62	19.34	5.1	0
2012274	92.57	0.75	19.57	20.41	5.27	0
2012275	121.21	0.75	19.78	20.17	3.89	0
2012276	150.22	0.75	20.37	18.78	4.09	0
2012277	67.16	0.75	20.66	20.74	5.75	0
2012278	164.7	0.75	19.97	18.93	6	0
2012279	107.57	0.75	18.05	17.7	6.45	0.0018
2012280	105.25	0.75	19.73	20.23	7.81	0.0002
2012281	46.6	0.75	19.89	21.73	8.29	0
2012282	52.85	0.75	18.68	20.18	6.39	0
2012283	83.83	0.75	18.57	18.87	5.17	0
2012284	149.44	0.25	16.64	15.14	4.88	0
2012285	120.42	0.59	16.31	13.83	3.84	0
2012286	91.11	0.08	19.65	19.48	7.84	0
2012287	103.03	0.8	18.16	18.45	5.41	0.0008
2012288	167.89	0.41	17.32	15.29	4.88	0
2012289	140.49	0.63	16.66	14.94	4.53	0
2012290	107.6	0.75	16.01	15.24	4.57	0
2012291	61.52	0.75	19.41	21.85	5.49	0
2012292	83.28	0.75	19.71	21.65	4.28	0
2012293	100.31	0.78	19.89	20.7	4.96	0
2012294	136.31	0.68	19.41	19.36	5.65	0
2012295	161.39	0.41	18.24	17.31	4.13	0
2012296	58.4	0.6	19.45	20.57	7.64	0.0144
2012297	120.34	0.8	19.11	19.77	4.5	0
2012298	48.91	0.75	18.65	20	8.03	0.0144
2012299	119.15	0.66	16.33	14.31	8.2	0.0008
2012300	120.59	0.4	16.41	14.79	6.32	0.0004
2012301	45.88	0.53	18.93	19.89	7.78	0.0014
2012302	110.56	0.35	16.86	15.67	7.58	0.0028
2012303	100.27	0.5	16.66	14.92	7.73	0.0006
2012304	62.73	0.8	17.94	18.73	7.96	0.0324
2012305	74.77	0.75	19.07	19.47	11.11	0.0064
2012306	114.25	0.25	16.73	14.02	8.7	0
2012307	143.03	0.25	14.8	12.24	7.26	0.0002
2012308	113.72	0.25	14.41	14.16	7.44	0
2012309	75.56	0.25	17.79	18.02	8.48	0.0004
2012310	100.2	0.25	16.69	17.65	7.16	0.015
2012311	111.75	0.25	16.33	16.98	7.94	0.0074
2012312	225.83	0.25	14.13	12.14	8.69	0.0224
2012313	108.27	0.25	14.03	13.33	6.71	0
2012314	79.55	0.25	17.07	15.56	7.04	0.0002
2012315	127.51	0.25	16.19	15.62	6.52	0
2012316	121.32	0.25	15.51	15.13	9.4	0.0124
2012317	86.28	0.59	15.14	14.07	10.81	0.0006
2012318	76.54	0.08	14.7	14.47	9.94	0.0072
2012319	170.3	0.8	14.91	14.23	8.96	0.0032
2012320	65.94	0.41	15.11	14.99	7.74	0.0008
2012321	82.29	0.63	14.45	14.53	8.57	0.0454
2012322	77.26	0.75	13.58	12.14	8.77	0.0098
2012323	83.94	0.75	14.01	12.69	9.33	0.007
2012324	59.41	0.75	14.62	14.24	8.9	0.0078
2012325	53.01	0.78	15.53	15.96	8.87	0.0002
2012326	155.82	0.68	15.56	15.71	9.42	0.0071
2012327	48.08	0.41	16.47	16.98	11.88	0.0004
2012328	54.88	0.6	16.31	16.38	11.84	0
2012329	90.89	0.8	15.62	14.2	9.25	0
2012330	68.08	0.75	13.74	13.2	10.34	0.0054
2012331	91.76	0.66	12.88	13.26	10.42	0.0254
2012332	72.58	0.4	13.74	13.32	11.7	0.0018
2012333	162.7	0.53	13.33	12.79	9.73	0.0029
2012334	94.33	0.35	11.7	12.84	8.36	0
2012335	71.65	0.5	14.89	15.47	9.92	0.0028
2012336	116.57	0.8	14.63	14.44	8.52	0
2012337	83.05	0.75	14.8	15.67	9.35	0.0094
2012338	73.04	0.25	15.38	16.86	11.62	0.11
2012339	53.55	0.59	15.34	16.67	10.47	0.0286
2012340	53.47	0.08	15.96	17.37	10.32	0.019

2012341	59.65	0.8	17	18.35	9.76	0.0266
2012342	80.85	0.41	17.94	18.24	10.94	0.0072
2012343	79.13	0.63	17.12	17.37	12.01	0.029
2012344	48.5	0.75	17.23	16.82	12.35	0.0068
2012345	52.22	0.75	16.56	16.7	12.94	0
2012346	44.4	0.75	18.06	18.17	12.91	0.0032
2012347	122.59	0.78	16.06	15.24	12.31	0
2012348	133.8	0.68	15.84	14.94	12.4	0
2012349	122	0.41	15.36	15.11	10.02	0
2012350	57.43	0.6	15.02	15.65	10.38	0.0024
2012351	62.75	0.8	13.51	14.04	8.6	0
2012352	64.82	0.41	13.21	14.05	8.27	0.0016
2012353	51.05	0.6	13.42	13.62	8.23	0
2012354	30.58	0.8	14.19	13.96	9.4	0
2012355	70.57	0.75	13.59	13.67	8.67	0
2012356	80.89	0.66	15.59	14.31	9.55	0
2012357	57.65	0.4	16.1	16.09	11.64	0
2012358	67.77	0.53	15	15.26	10.75	0
2012359	94	0.35	13.12	12.42	9.75	0
2012360	68.79	0.5	13.3	14.06	9.54	0
2012361	89.09	0.8	13.17	11.75	10.6	0
2012362	75.91	0.75	12.29	11.79	9.32	0
2012363	60.25	0.25	12.54	12.7	8.57	0
2012364	73.05	0.59	14.45	14.03	8.92	0
2012365	91.56	0.08	13.27	14.7	8.13	0
2012366	84.11	0.25	14.37	14.2	9.84	0
2013001	84.11	0.25	14.37	14.2	7.84	0
2013002	83.05	0.59	16.42	15	9.06	0
2013003	71.78	0.08	17.08	15.11	9.36	0
2013004	82.71	0.8	17.06	16.23	10.27	0
2013005	82.89	0.41	14.86	13.56	8.87	0
2013006	72.97	0.63	12.39	11.54	7.47	0
2013007	53.81	0.75	13.27	13.59	8.6	0
2013008	65.05	0.75	13.8	11.63	11.52	0
2013009	77	0.75	14.28	14.15	10.26	0
2013010	114.66	0.78	14	14	7.24	0
2013011	82.88	0.68	14.49	14.25	8.84	0
2013012	100.32	0.41	15.24	14.1	9.14	0
2013013	108.03	0.6	14.13	12.11	8.72	0
2013014	43.04	0.8	15.52	14.62	10.51	0
2013015	93.19	0.75	13.81	11.43	9.71	0
2013016	67.24	0.66	14.33	12.06	9.39	0
2013017	107.05	0.4	15.26	14.1	12.55	0
2013018	129.3	0.53	14.88	15.05	12.37	0.0088
2013019	89.67	0.35	15.44	14.71	10.08	0.0004
2013020	83.13	0.5	15.76	14.17	9.81	0.0004
2013021	104.88	0.8	15.18	13.94	8.66	0.0016
2013022	131.17	0.75	16.35	13.44	10.49	0
2013023	53.46	0.25	16.91	16.23	11.07	0.0436
2013024	97.29	0.59	15.87	14.79	9.23	0.0066
2013025	47.23	0.08	13.57	6.89	8.51	0.003
2013026	55.28	0.8	13.82	14.56	7.28	0
2013027	100.32	0.41	14.8	12.7	11.41	0
2013028	108.03	0.63	13.3	11.18	8.11	0
2013029	43.04	0.75	13.3	11.15	8	0
2013030	100.32	0.75	13.25	11.55	8.67	0
2013031	108.03	0.75	14.14	12.61	8.35	0
2013032	43.04	0.78	13.95	12.33	7.95	0
2013033	93.19	0.68	12.39	12.02	8.15	0.003
2013034	67.24	0.41	13.82	12.68	7.98	0
2013035	107.05	0.6	13.24	13.09	7.51	0.0008
2013036	129.3	0.8	14.28	13.36	8.95	0.0008
2013037	89.67	0.75	12.28	11.02	8.7	0.0016
2013038	100.32	0.66	13.02	13.38	8.15	0.0068
2013039	108.03	0.4	15.42	15.46	10.6	0.0216
2013040	43.04	0.53	14.21	12.44	9.58	0
2013041	93.19	0.35	13.65	12.06	8.4	0.0002
2013042	67.24	0.5	14.04	12.17	8.2	0
2013043	107.05	0.8	12.36	12.26	8.19	0
2013044	129.3	0.75	14.43	14.05	10.34	0.008
2013045	89.67	0.25	14.18	13.63	15.31	0.0076
2013046	83.13	0.59	14.33	12.68	12.12	0.0002
2013047	104.88	0.08	14.61	13.62	10.37	0
2013048	34.97	0.8	14.41	12.59	9.37	0
2013049	61.4	0.41	13.91	12.48	10.76	0.0002
2013050	101.91	0.63	13.96	13.18	13.21	0.0032
2013051	67.69	0.75	13.52	12.7	9.12	0
2013052	126.08	0.75	13.71	12.33	9.45	0.001
2013053	142.21	0.75	14.42	12.4	11.16	0.0004
2013054	77.53	0.78	14.57	13.8	10.47	0.0172
2013055	105.21	0.68	14.91	14.04	8.39	0.0014
2013056	59.04	0.41	14.63	13.57	9.75	0.0286
2013057	45.35	0.6	13.62	13.98	12.53	0.0236
2013058	113.18	0.8	13.06	11	13.94	0.001
2013059	154.55	0.75	12.47	10.15	9.81	0
2013060	80.35	0.66	12.2	10.53	9.42	0.0006

2013061	87.49	0.4	12.6	11.07	15.05	0.0048
2013062	145.81	0.53	12.73	10.96	10.26	0.0034
2013063	109.33	0.35	12.44	11.52	8.66	0
2013064	73.81	0.5	14.04	11.86	12.68	0.0138
2013065	60.85	0.8	15.44	15.51	12.15	0.0634
2013066	167.38	0.75	15.2	14.51	8.89	0
2013067	88.44	0.25	14.87	14.69	12.03	0.0336
2013068	136.43	0.59	16.6	16.89	11.22	0
2013069	55.3	0.08	16.13	17.07	12.8	0.0022
2013070	82.51	0.8	15.13	16.35	11.76	0.023
2013071	95.23	0.41	15.53	16.61	9.08	0.0014
2013072	177.63	0.63	15.15	14.75	9.25	0.0034
2013073	87.47	0.75	16.27	17.69	12.82	0.0056
2013074	60.79	0.75	16.59	17.87	13.33	0.0012
2013075	68.8	0.75	16.86	18.21	12.1	0.0032
2013076	58.18	0.78	16.23	17.23	12.09	0.0684
2013077	90.39	0.68	13.98	13.78	12.03	0.0208
2013078	143.69	0.41	14.65	14.26	11.48	0.0408
2013079	109.67	0.6	13.76	14.21	8.88	0.0044
2013080	109.98	0.8	14.04	13.02	11.16	0.0058
2013081	104.98	0.75	14.1	13.74	11.36	0.0118
2013082	100.65	0.66	14.84	15.06	12.2	0.0546
2013083	72.86	0.4	13.68	12.81	13.68	0.0148
2013084	170.03	0.53	13.17	11.58	12.99	0.0016
2013085	162.65	0.35	14.1	12.91	11.4	0.0118
2013086	112.89	0.5	16.08	17.7	12.7	0.0046
2013087	88.66	0.8	16.08	17.29	10.99	0.011
2013088	80.89	0.75	15.54	16.52	11.44	0
2013089	123.97	0.25	14.79	14.42	11.16	0
2013090	168.33	0.59	15.19	15.05	11.13	0
2013091	188.2	0.08	13	13.62	5.69	0
2013092	122.08	0.8	13.21	14.19	5.54	0
2013093	135.88	0.41	15.7	14.62	6.62	0
2013094	65.86	0.63	16.5	15.33	9.55	0
2013095	69.24	0.75	16.08	15.75	8.48	0.0064
2013096	102.43	0.75	15.52	16.17	7.68	0.0014
2013097	68.39	0.75	15.39	16.67	8.15	0.0144
2013098	48.02	0.78	15.47	16.27	8.24	0.0254
2013099	101.99	0.68	14.77	14.02	9.27	0.0008
2013100	98.01	0.41	14.41	13.4	6.83	0
2013101	175.35	0.6	13.99	13.04	7.64	0
2013102	137.26	0.8	13.92	12.46	10.34	0
2013103	141.88	0.75	13.18	12.23	7.07	0.0016
2013104	111.07	0.66	14.67	14.92	6.59	0.0024
2013105	218.64	0.4	15.33	14.92	7.21	0
2013106	179.4	0.53	14.42	14.92	6.79	0
2013107	59.94	0.35	15.02	15.89	8.26	0.0142
2013108	213.21	0.5	13.75	12.56	6.14	0
2013109	221.28	0.8	14.83	15.08	7.27	0.0014
2013110	83.38	0.75	16.73	18.49	9.63	0.0014
2013111	221.56	0.25	16.16	16.03	8.69	0.0336
2013112	162.95	0.59	15.52	15.45	7.21	0
2013113	200.94	0.08	15.37	15.4	7.25	0
2013114	224.49	0.8	15.5	15	5.91	0
2013115	121.25	0.41	15.6	15.85	6.92	0.0004
2013116	207.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2013117	29.31	0.75	16.81	18.48	10.8	0.0372
2013118	39.65	0.75	16.68	18.25	9.22	0.0328
2013119	89.59	0.75	15.56	16.42	9.23	0.0212
2013120	163.69	0.78	13.93	13.52	9.76	0.015
2013121	184.43	0.68	14.58	13.79	6	0.0038
2013122	217.82	0.41	14.02	12.41	3.81	0
2013123	204.99	0.6	12.95	12.75	4.18	0
2013124	171.79	0.8	14.01	12.51	6.77	0
2013125	95.19	0.75	14.28	14.14	8.32	0.0086
2013126	132.82	0.66	14.63	14.1	6.81	0
2013127	59.03	0.4	15.68	16.78	6.91	0.0684
2013128	100.29	0.53	15.1	15.63	6.97	0.0574
2013129	68.8	0.35	14.72	15.26	6.85	0.0412
2013130	95.23	0.5	15.11	15.98	5.79	0.0002
2013131	153.77	0.8	14.66	14.59	4.43	0
2013132	154.32	0.75	14.56	13.9	4.81	0
2013133	214.38	0.25	13.61	13.06	3.55	0
2013134	164.14	0.25	15.35	15.38	4.38	0.0018
2013135	110.49	0.25	17.34	18.15	4.79	0
2013136	239.51	0.25	18.19	17.66	3.08	0
2013137	129.74	0.25	17.51	17.3	3.94	0
2013138	93.17	0.25	17.45	18.65	5.38	0.0002
2013139	89.79	0.25	17.59	18.58	5.13	0.0012
2013140	219.13	0.25	17.46	17.04	2.96	0
2013141	262.52	0.25	16.34	14.8	2.95	0
2013142	199.98	0.25	15.73	13.8	3.05	0
2013143	121.25	0.25	17.12	16.24	5.56	0.0002
2013144	60.15	0.25	18.2	19.89	7.1	0.0116
2013145	64.32	0.25	18.26	20.02	6.35	0.1742
2013146	214.39	0.25	15.59	14.76	4.39	0.0082

2013147	217.8	0.25	15.18	13.72	3.61	0.0006
2013148	278.09	0.25	13.88	13.45	2.88	0
2013149	235.75	0.25	14.61	13.79	3.06	0
2013150	109.63	0.25	15.37	14.65	2.51	0
2013151	150.44	0.25	15.01	15.19	2.56	0
2013152	265.68	0.25	15.98	15.71	3.23	0
2013153	99.22	0.25	17.47	18.23	3.56	0.0044
2013154	124.28	0.25	18.46	18.9	4.05	0.0064
2013155	244.85	0.59	18.65	17.69	6.08	0
2013156	207.92	0.08	18.76	17.87	4.05	0
2013157	140.91	0.8	18	16.49	2.87	0
2013158	160.59	0.41	17.75	17.35	2.77	0
2013159	181.71	0.63	17.46	16.77	2.71	0
2013160	259.15	0.75	17.79	16.52	3.72	0.0008
2013161	136	0.75	17.51	17.48	3.64	0.0016
2013162	188.99	0.75	17.58	17.16	3.51	0
2013163	189.69	0.78	18.05	18.5	4.2	0.0044
2013164	65.23	0.68	18.48	19.98	5.85	0.0166
2013165	170.61	0.41	18.29	19.3	5.22	0.004
2013166	56.02	0.6	19.82	22.21	7.93	0.0014
2013167	88.65	0.8	19.71	21.89	7.66	0.001
2013168	112.71	0.75	18.48	19.76	4.62	0.2116
2013169	262.52	0.66	17.46	16.47	3.47	0
2013170	201.36	0.4	17.23	15.83	3.65	0
2013171	106.77	0.53	16.68	16.27	2.89	0
2013172	234.8	0.35	17.36	16.63	3.1	0
2013173	244.6	0.5	19.51	18.65	3.59	0
2013174	144.22	0.8	20.13	20.6	3.42	0.0002
2013175	255.68	0.75	18.74	18.93	4.08	0.002
2013176	139.49	0.75	18.07	17.41	4.91	0
2013177	154.8	0.75	17.73	16.25	5.09	0
2013178	157.18	0.75	17.75	16.01	4.02	0
2013179	229.18	0.75	17.37	16.17	3.24	0
2013180	107.85	0.75	18.93	19.4	3.57	0.0082
2013181	165.47	0.75	19.61	20.5	2.65	0.0058
2013182	218.09	0.75	18.7	18	2.85	0
2013183	137.68	0.75	19.2	19.8	3.32	0
2013184	230.48	0.75	19.07	18.83	4.92	0.0034
2013185	175.31	0.25	19.36	16.36	5.37	0
2013186	154.15	0.2	19.29	17.13	4.05	0
2013187	163.57	0.25	19.27	17.28	4.58	0
2013188	136.79	0.59	19.9	19.61	4.91	0.0082
2013189	139.26	0.08	19.82	19.3	5.17	0.0056
2013190	154.29	0.8	19.96	18.64	4.5	0.0004
2013191	187.54	0.41	19.14	18.58	3.25	0
2013192	138.02	0.63	19.26	19.16	3.72	0.0004
2013193	142.01	0.75	19.14	19.05	4.5	0.003
2013194	64.63	0.75	19.39	20.13	5.34	0
2013195	170.5	0.75	19.43	19.09	4.84	0
2013196	134.84	0.78	19.73	19.76	3.98	0
2013197	153.79	0.68	19.56	20.03	3.21	0.0002
2013198	154.81	0.41	20.07	19.87	3.62	0.0012
2013199	195.14	0.6	19.85	19.71	3.89	0.0052
2013200	166.4	0.8	20.71	19.18	3.33	0
2013201	201.08	0.75	22.11	21.03	3.98	0
2013202	267.72	0.66	22.2	21.68	3.95	0
2013203	128.74	0.4	21.96	23.39	3.28	0
2013204	131.29	0.53	22.19	24.59	3.64	0.0082
2013205	104.95	0.35	21.7	23.89	5.05	0.0014
2013206	144.83	0.5	20.93	21.86	4.62	0.0015
2013207	179.72	0.8	20.16	19.96	4.2	0.0016
2013208	191.55	0.75	19.88	19.13	3.24	0.0026
2013209	147.52	0.25	18.82	17.92	2.69	0
2013210	124.42	0.25	18.29	17.56	2.56	0
2013211	180.05	0.25	18.43	18.25	2.68	0
2013212	205.32	0.25	19.52	19.05	2.8	0
2013213	237.23	0.25	21.93	22.23	2.98	0
2013214	161.79	0.25	22.16	23.05	4.11	0.0052
2013215	184.6	0.25	21.75	22.67	6.18	0.0018
2013216	154.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2013217	199.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2013218	213.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2013219	109.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2013220	60.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2013221	133.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2013222	137.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2013223	215.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2013224	184.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2013225	126.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2013226	213.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2013227	198.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2013228	245.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2013229	239.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2013230	247.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0
2013231	157.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0
2013232	227.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0

2013233	181.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2013234	210.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2013235	133.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2013236	129.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2013237	114.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2013238	155.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2013239	87.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2013240	196.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2013241	162.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2013242	218.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2013243	231.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2013244	200.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2013245	76.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2013246	38.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2013247	80.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2013248	76.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2013249	188.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2013250	188.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2013251	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2013252	188.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2013253	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2013254	147.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2013255	75.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2013256	157.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2013257	188.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2013258	191.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2013259	144.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2013260	273.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2013261	215.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2013262	230.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2013263	167.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2013264	211.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2013265	152.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2013266	193.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2013267	156.07	0.75	20.43	21.23	3.81	0
2013268	213.33	0.66	19.37	17.54	3.78	0
2013269	137.17	0.4	22.37	23.17	4.72	0
2013270	150.07	0.53	21.5	23.14	4.25	0.011
2013271	202.97	0.35	21.24	20.61	4.58	0
2013272	159.57	0.5	20.16	19.42	3.75	0
2013273	202.01	0.8	19.62	19.34	4.1	0
2013274	92.57	0.75	19.57	20.41	4.27	0
2013275	121.21	0.75	19.78	20.17	2.89	0
2013276	150.22	0.75	20.37	18.78	3.09	0
2013277	67.16	0.75	20.66	20.74	4.75	0
2013278	164.7	0.75	19.97	18.93	5	0
2013279	107.57	0.75	18.05	17.7	5.45	0.0018
2013280	105.25	0.75	19.73	20.23	6.81	0.0002
2013281	46.6	0.75	19.89	21.73	7.29	0
2013282	52.85	0.75	18.68	20.18	5.39	0
2013283	83.83	0.75	18.57	18.87	4.17	0
2013284	149.44	0.25	16.64	15.14	3.88	0
2013285	120.42	0.59	16.31	13.83	2.84	0
2013286	91.11	0.08	19.65	19.48	6.84	0
2013287	103.03	0.8	18.16	18.45	4.41	0.0008
2013288	167.89	0.41	17.32	15.29	3.88	0
2013289	140.49	0.63	16.66	14.94	3.53	0
2013290	107.6	0.75	16.01	15.24	3.57	0
2013291	61.52	0.75	19.41	21.85	4.49	0
2013292	83.28	0.75	19.71	21.65	3.28	0
2013293	100.31	0.78	19.89	20.7	3.96	0
2013294	136.31	0.68	19.41	19.36	4.65	0
2013295	161.39	0.41	18.24	17.31	3.13	0
2013296	58.4	0.6	19.45	20.57	6.64	0.0144
2013297	120.34	0.8	19.11	19.77	3.5	0
2013298	48.91	0.75	18.65	20	6.03	0.0144
2013299	119.15	0.66	16.33	14.31	6.2	0.0008
2013300	120.59	0.4	16.41	14.79	4.32	0.0004
2013301	45.88	0.53	18.93	19.89	5.78	0.0014
2013302	110.56	0.35	16.86	15.67	5.58	0.0028
2013303	100.27	0.5	16.66	14.92	5.73	0.0006
2013304	62.73	0.8	17.94	18.73	5.96	0.0324
2013305	74.77	0.75	19.07	19.47	9.11	0.0064
2013306	114.25	0.25	16.73	14.02	6.7	0
2013307	143.03	0.25	14.8	12.24	5.26	0.0002
2013308	113.72	0.25	14.41	14.16	5.44	0
2013309	75.56	0.25	17.79	18.02	6.48	0.0004
2013310	100.2	0.25	16.69	17.65	5.16	0.015
2013311	111.75	0.25	16.33	16.98	5.94	0.0074
2013312	225.83	0.25	14.13	12.14	6.69	0.0224
2013313	108.27	0.25	14.03	13.33	4.71	0
2013314	79.55	0.25	17.07	15.56	5.04	0.0002
2013315	127.51	0.25	16.19	15.62	4.52	0
2013316	121.32	0.25	15.51	15.13	7.4	0.0124
2013317	86.28	0.59	15.14	14.07	8.81	0.0006
2013318	76.54	0.08	14.7	14.47	7.94	0.0072

2013319	170.3	0.8	14.91	14.23	6.96	0.0032
2013320	65.94	0.41	15.11	14.99	5.74	0.0008
2013321	82.29	0.63	14.45	14.53	6.57	0.0454
2013322	77.26	0.75	13.58	12.14	6.77	0.0098
2013323	83.94	0.75	14.01	12.69	7.33	0.007
2013324	59.41	0.75	14.62	14.24	6.9	0.0078
2013325	53.01	0.78	15.53	15.96	6.87	0.0002
2013326	155.82	0.68	15.56	15.71	7.42	0.0071
2013327	48.08	0.41	16.47	16.98	9.88	0.0004
2013328	54.88	0.6	16.31	16.38	9.84	0
2013329	90.89	0.8	15.62	14.2	7.25	0
2013330	68.08	0.75	13.74	13.2	8.34	0.0054
2013331	91.76	0.66	12.88	13.26	8.42	0.0254
2013332	72.58	0.4	13.74	13.32	9.7	0.0018
2013333	162.7	0.53	13.33	12.79	7.73	0.0029
2013334	94.33	0.35	11.7	12.84	6.36	0
2013335	71.65	0.5	14.89	15.47	7.92	0.0028
2013336	116.57	0.8	14.63	14.44	6.52	0
2013337	83.05	0.75	14.8	15.67	7.35	0.0094
2013338	73.04	0.25	15.38	16.86	9.62	0.11
2013339	53.55	0.59	15.34	16.67	8.47	0.0286
2013340	53.47	0.08	15.96	17.37	8.32	0.019
2013341	59.65	0.8	17	18.35	7.76	0.0266
2013342	80.85	0.41	17.94	18.24	8.94	0.0072
2013343	79.13	0.63	17.12	17.37	10.01	0.029
2013344	48.5	0.75	17.23	16.82	10.35	0.0068
2013345	52.22	0.75	16.56	16.7	10.94	0
2013346	44.4	0.75	18.06	18.17	10.91	0.0032
2013347	122.59	0.78	16.06	15.24	10.31	0
2013348	133.8	0.68	15.84	14.94	10.4	0
2013349	122	0.41	15.36	15.11	8.02	0
2013350	57.43	0.6	15.02	15.65	8.38	0.0024
2013351	62.75	0.8	13.51	14.04	6.6	0
2013352	64.82	0.41	13.21	14.05	6.27	0.0016
2013353	51.05	0.6	13.42	13.62	6.23	0
2013354	30.58	0.8	14.19	13.96	7.4	0
2013355	70.57	0.75	13.59	13.67	6.67	0
2013356	80.89	0.66	15.59	14.31	7.55	0
2013357	57.65	0.4	16.1	16.09	9.64	0
2013358	67.77	0.53	15	15.26	8.75	0
2013359	94	0.35	13.12	12.42	7.75	0
2013360	68.79	0.5	13.3	14.06	7.54	0
2013361	89.09	0.8	13.17	11.75	8.6	0
2013362	75.91	0.75	12.29	11.79	7.32	0
2013363	60.25	0.25	12.54	12.7	6.57	0
2013364	73.05	0.59	14.45	14.03	6.92	0
2013365	91.56	0.08	13.27	14.7	6.13	0
2014001	84.11	0.25	15.37	15.2	8.84	0
2014002	83.05	0.59	17.42	16	10.06	0
2014003	71.78	0.08	18.08	16.11	10.36	0
2014004	82.71	0.8	18.06	17.23	11.27	0
2014005	82.89	0.41	15.86	14.56	9.87	0
2014006	72.97	0.63	13.39	12.54	8.47	0
2014007	53.81	0.75	14.27	14.59	9.6	0
2014008	65.05	0.75	14.8	12.63	12.52	0
2014009	77	0.75	15.28	15.15	11.26	0
2014010	114.66	0.78	15	15	8.24	0
2014011	82.88	0.68	15.49	15.25	9.84	0
2014012	100.32	0.41	16.24	15.1	10.14	0
2014013	108.03	0.6	15.13	13.11	9.72	0
2014014	43.04	0.8	16.52	15.62	11.51	0
2014015	93.19	0.75	14.81	12.43	10.71	0
2014016	67.24	0.66	15.33	13.06	10.39	0
2014017	107.05	0.4	16.26	15.1	13.55	0
2014018	129.3	0.53	15.88	16.05	13.37	0.0088
2014019	89.67	0.35	16.44	15.71	11.08	0.0004
2014020	83.13	0.5	16.76	15.17	10.81	0.0004
2014021	104.88	0.8	16.18	14.94	9.66	0.0016
2014022	131.17	0.75	17.35	14.44	11.49	0
2014023	53.46	0.25	17.91	17.23	12.07	0.0436
2014024	97.29	0.59	16.87	15.79	10.23	0.0066
2014025	47.23	0.08	14.57	7.89	9.51	0.003
2014026	55.28	0.8	14.82	15.56	8.28	0
2014027	100.32	0.41	15.8	13.7	12.41	0
2014028	108.03	0.63	14.3	12.18	9.11	0
2014029	43.04	0.75	14.3	12.15	9	0
2014030	100.32	0.75	14.25	12.55	9.67	0
2014031	108.03	0.75	15.14	13.61	9.35	0
2014032	43.04	0.78	14.95	13.33	8.95	0
2014033	93.19	0.68	13.39	13.02	9.15	0.003
2014034	67.24	0.41	14.82	13.68	8.98	0
2014035	107.05	0.6	14.24	14.09	8.51	0.0008
2014036	129.3	0.8	15.28	14.36	9.95	0.0008
2014037	89.67	0.75	13.28	12.02	9.7	0.0016
2014038	100.32	0.66	14.02	14.38	9.15	0.0068
2014039	108.03	0.4	16.42	16.46	11.6	0.0216

2014040	43.04	0.53	15.21	13.44	10.58	0
2014041	93.19	0.35	14.65	13.06	9.4	0.0002
2014042	67.24	0.5	15.04	13.17	9.2	0
2014043	112.05	0.8	13.36	13.26	9.19	0
2014044	134.3	0.75	15.43	15.05	11.34	0.008
2014045	94.67	0.25	15.18	14.63	16.31	0.0076
2014046	88.13	0.59	15.33	13.68	13.12	0.0002
2014047	109.88	0.08	15.61	14.62	11.37	0
2014048	39.97	0.8	15.41	13.59	10.37	0
2014049	66.4	0.41	14.91	13.48	11.76	0.0002
2014050	106.91	0.63	14.96	14.18	14.21	0.0032
2014051	72.69	0.75	14.52	13.7	10.12	0
2014052	131.08	0.75	14.71	13.33	10.45	0.001
2014053	147.21	0.75	15.42	13.4	12.16	0.0004
2014054	82.53	0.78	15.57	14.8	11.47	0.0172
2014055	110.21	0.68	15.91	15.04	9.39	0.0014
2014056	64.04	0.41	15.63	14.57	10.75	0.0286
2014057	50.35	0.6	12.62	11.98	13.53	0.0236
2014058	118.18	0.8	12.06	9	14.94	0.001
2014059	159.55	0.75	11.47	8.15	10.81	0
2014060	85.35	0.66	11.2	8.53	10.42	0.0006
2014061	92.49	0.4	11.6	9.07	16.05	0.0048
2014062	150.81	0.53	11.73	8.96	11.26	0.0034
2014063	114.33	0.35	11.44	9.52	9.66	0
2014064	78.81	0.5	13.04	9.86	13.68	0.0138
2014065	65.85	0.8	14.44	13.51	13.15	0.0634
2014066	172.38	0.75	14.2	12.51	9.89	0
2014067	93.44	0.25	13.87	12.69	13.03	0.0336
2014068	141.43	0.59	15.6	14.89	12.22	0
2014069	60.3	0.08	15.13	15.07	13.8	0.0022
2014070	87.51	0.8	14.13	14.35	12.76	0.023
2014071	100.23	0.41	14.53	14.61	10.08	0.0014
2014072	182.63	0.63	14.15	12.75	10.25	0.0034
2014073	92.47	0.75	15.27	15.69	13.82	0.0056
2014074	65.79	0.75	15.59	15.87	14.33	0.0012
2014075	73.8	0.75	15.86	16.21	13.1	0.0032
2014076	63.18	0.78	15.23	15.23	13.09	0.0684
2014077	95.39	0.68	12.98	11.78	13.03	0.0208
2014078	148.69	0.41	13.65	12.26	12.48	0.0408
2014079	114.67	0.6	12.76	12.21	9.88	0.0044
2014080	114.98	0.8	13.04	11.02	12.16	0.0058
2014081	109.98	0.75	13.1	11.74	12.36	0.0118
2014082	105.65	0.66	13.84	13.06	13.2	0.0546
2014083	77.86	0.4	12.68	10.81	14.68	0.0148
2014084	175.03	0.53	12.17	9.58	13.99	0.0016
2014085	167.65	0.35	13.1	10.91	12.4	0.0118
2014086	117.89	0.5	15.08	15.7	13.7	0.0046
2014087	93.66	0.8	15.08	15.29	11.99	0.011
2014088	85.89	0.75	14.54	14.52	12.44	0
2014089	128.97	0.25	13.79	12.42	12.16	0
2014090	173.33	0.59	14.19	13.05	12.13	0
2014091	193.2	0.08	12	11.62	6.69	0
2014092	127.08	0.8	12.21	12.19	6.54	0
2014093	140.88	0.41	14.7	12.62	7.62	0
2014094	70.86	0.63	15.5	13.33	10.55	0
2014095	74.24	0.75	15.08	13.75	9.48	0.0064
2014096	107.43	0.75	14.52	14.17	8.68	0.0014
2014097	73.39	0.75	14.39	14.67	9.15	0.0144
2014098	53.02	0.78	14.47	14.27	9.24	0.0254
2014099	106.99	0.68	13.77	12.02	10.27	0.0008
2014100	103.01	0.41	13.41	11.4	7.83	0
2014101	180.35	0.6	12.99	11.04	8.64	0
2014102	142.26	0.8	12.92	10.46	11.34	0
2014103	146.88	0.75	12.18	10.23	8.07	0.0016
2014104	116.07	0.66	13.67	12.92	7.59	0.0024
2014105	223.64	0.4	14.33	12.92	8.21	0
2014106	184.4	0.53	13.42	12.92	7.79	0
2014107	64.94	0.35	14.02	13.89	9.26	0.0142
2014108	218.21	0.5	12.75	10.56	7.14	0
2014109	226.28	0.8	13.83	13.08	8.27	0.0014
2014110	88.38	0.75	15.73	16.49	9.63	0.0014
2014111	226.56	0.25	15.16	14.03	8.69	0.0336
2014112	167.95	0.59	14.52	13.45	7.21	0
2014113	205.94	0.08	14.37	13.4	7.25	0
2014114	229.49	0.8	14.5	13	5.91	0
2014115	126.25	0.41	14.6	13.85	6.92	0.0004
2014116	212.72	0.63	15.19	15.23	6.99	0
2014117	34.31	0.75	16.81	18.48	9.8	0.0372
2014118	44.65	0.75	16.68	18.25	8.22	0.0328
2014119	94.59	0.75	15.56	16.42	8.23	0.0212
2014120	168.69	0.78	13.93	13.52	8.76	0.015
2014121	189.43	0.68	14.58	13.79	5	0.0038
2014122	222.82	0.41	14.02	12.41	2.81	0
2014123	209.99	0.6	12.95	12.75	3.18	0
2014124	176.79	0.8	14.01	12.51	5.77	0
2014125	100.19	0.75	14.28	14.14	7.32	0.0086

2014126	137.82	0.66	14.63	14.1	5.81	0
2014127	64.03	0.4	15.68	16.78	5.91	0.0684
2014128	105.29	0.53	15.1	15.63	5.97	0.0574
2014129	73.8	0.35	14.72	15.26	5.85	0.0412
2014130	100.23	0.5	15.11	15.98	4.79	0.0002
2014131	158.77	0.8	14.66	14.59	3.43	0
2014132	159.32	0.75	14.56	13.9	3.81	0
2014133	219.38	0.25	13.61	13.06	2.55	0
2014134	169.14	0.25	15.35	15.38	3.38	0.0018
2014135	115.49	0.25	17.34	18.15	3.79	0
2014136	244.51	0.25	18.19	17.66	2.08	0
2014137	134.74	0.25	17.51	17.3	2.94	0
2014138	98.17	0.25	17.45	18.65	4.38	0.0002
2014139	94.79	0.25	17.59	18.58	4.13	0.0012
2014140	224.13	0.25	17.46	17.04	1.96	0
2014141	267.52	0.25	16.34	14.8	1.95	0
2014142	204.98	0.25	15.73	13.8	2.05	0
2014143	126.25	0.25	17.12	16.24	4.56	0.0002
2014144	65.15	0.25	18.2	19.89	6.1	0.0116
2014145	69.32	0.25	18.26	20.02	5.35	0.1742
2014146	219.39	0.25	15.59	14.76	3.39	0.0082
2014147	222.8	0.25	15.18	13.72	2.61	0.0006
2014148	283.09	0.25	13.88	13.45	1.88	0
2014149	240.75	0.25	14.61	13.79	2.06	0
2014150	114.63	0.25	15.37	14.65	1.51	0
2014151	155.44	0.25	15.01	15.19	1.56	0
2014152	270.68	0.25	15.98	15.71	2.23	0
2014153	104.22	0.25	17.47	18.23	2.56	0.0044
2014154	129.28	0.25	18.46	18.9	3.05	0.0064
2014155	249.85	0.59	18.65	17.69	5.08	0
2014156	212.92	0.08	18.76	17.87	3.05	0
2014157	145.91	0.8	18	16.49	1.87	0
2014158	165.59	0.41	17.75	17.35	1.77	0
2014159	181.71	0.63	17.46	16.77	1.71	0
2014160	259.15	0.75	17.79	16.52	2.72	0.0008
2014161	136	0.75	17.51	17.48	2.64	0.0016
2014162	188.99	0.75	17.58	17.16	2.51	0
2014163	189.69	0.78	18.05	18.5	3.2	0.0044
2014164	65.23	0.68	18.48	19.98	4.85	0.0166
2014165	170.61	0.41	18.29	19.3	4.22	0.004
2014166	56.02	0.6	19.82	22.21	6.93	0.0014
2014167	88.65	0.8	19.71	21.89	6.66	0.001
2014168	112.71	0.75	18.48	19.76	3.62	0.2116
2014169	262.52	0.66	17.46	16.47	2.47	0
2014170	201.36	0.4	17.23	15.83	2.65	0
2014171	106.77	0.53	16.68	16.27	1.89	0
2014172	234.8	0.35	17.36	16.63	2.1	0
2014173	244.6	0.5	19.51	18.65	2.59	0
2014174	144.22	0.8	20.13	20.6	2.42	0.0002
2014175	255.68	0.75	18.74	18.93	3.08	0.002
2014176	139.49	0.75	18.07	17.41	3.91	0
2014177	154.8	0.75	17.73	16.25	4.09	0
2014178	157.18	0.75	17.75	16.01	3.02	0
2014179	229.18	0.75	17.37	16.17	2.24	0
2014180	107.85	0.75	18.93	19.4	2.57	0.0082
2014181	165.47	0.75	19.61	20.5	1.65	0.0058
2014182	218.09	0.75	18.7	18	1.85	0
2014183	137.68	0.75	19.2	19.8	2.32	0
2014184	230.48	0.75	19.07	18.83	3.92	0.0034
2014185	175.31	0.25	19.36	16.36	4.37	0
2014186	154.15	0.2	19.29	17.13	3.05	0
2014187	163.57	0.25	19.27	17.28	3.58	0
2014188	136.79	0.59	19.9	19.61	3.91	0.0082
2014189	139.26	0.08	19.82	19.3	4.17	0.0056
2014190	154.29	0.8	19.96	18.64	3.5	0.0004
2014191	187.54	0.41	19.14	18.58	2.25	0
2014192	138.02	0.63	19.26	19.16	2.72	0.0004
2014193	142.01	0.75	19.14	19.05	3.5	0.003
2014194	64.63	0.75	19.39	20.13	4.34	0
2014195	170.5	0.75	19.43	19.09	3.84	0
2014196	134.84	0.78	19.73	19.76	2.98	0
2014197	153.79	0.68	19.56	20.03	2.21	0.0002
2014198	154.81	0.41	20.07	19.87	2.62	0.0012
2014199	195.14	0.6	19.85	19.71	2.89	0.0052
2014200	166.4	0.8	20.71	19.18	2.33	0
2014201	201.08	0.75	22.11	21.03	2.98	0
2014202	267.72	0.66	22.2	21.68	2.95	0
2014203	128.74	0.4	21.96	23.39	2.28	0
2014204	131.29	0.53	22.19	24.59	2.64	0.0082
2014205	104.95	0.35	21.7	23.89	4.05	0.0014
2014206	139.83	0.5	20.93	21.86	3.62	0.0015
2014207	174.72	0.8	20.16	19.96	3.2	0.0016
2014208	186.55	0.75	19.88	19.13	2.24	0.0026
2014209	142.52	0.25	18.82	17.92	1.69	0
2014210	119.42	0.25	18.29	17.56	1.56	0
2014211	175.05	0.25	18.43	18.25	1.68	0

2014212	200.32	0.25	19.52	19.05	1.8	0
2014213	232.23	0.25	21.93	22.23	1.98	0
2014214	156.79	0.25	22.16	23.05	3.11	0.0052
2014215	179.6	0.25	21.75	22.67	5.18	0.0018
2014216	149.81	0.25	20.89	21.63	6.82	0.0044
2014217	194.88	0.25	20.36	19.13	6.01	0
2014218	208.52	0.25	20.51	19.16	4.33	0
2014219	104.7	0.25	20.52	21.24	3.75	0.0108
2014220	55.11	0.25	20.28	21.96	4.25	0.0082
2014221	128.53	0.25	20.96	21.3	4.8	0.0002
2014222	132.49	0.59	20.79	20.53	2.7	0
2014223	210.8	0.08	20.49	20.51	2.88	0
2014224	179.96	0.8	21.46	20.92	2.89	0
2014225	121.51	0.41	21.99	20.5	2.82	0
2014226	208.86	0.63	21.14	20.53	2.75	0
2014227	193.34	0.75	20.54	20.85	2.95	0
2014228	240.19	0.75	21.36	20.54	3.39	0
2014229	234.76	0.75	20.61	19.97	2.8	0
2014230	242.83	0.78	21.74	20.37	3.39	0
2014231	152.58	0.68	20.81	21.18	3.46	0
2014232	222.91	0.41	20.79	19.12	3.92	0
2014233	176.75	0.6	20.55	17.57	4.62	0
2014234	205.28	0.8	20.95	18.73	6.03	0
2014235	128.04	0.75	21.65	22.16	4.42	0
2014236	124.85	0.66	21.54	22.83	4.35	0.0056
2014237	109.51	0.4	21.92	22.99	4.12	0.0002
2014238	150.61	0.53	22.01	22.61	3.79	0
2014239	82.33	0.35	21.69	22.44	3.62	0.0004
2014240	191.53	0.5	21.8	22.03	3.49	0.0018
2014241	157.26	0.8	21.86	22.13	3.58	0.0002
2014242	213.08	0.75	21.19	21.81	3.05	0.0002
2014243	226.47	0.75	20.92	18.85	3.09	0.0006
2014244	195.04	0.75	20.71	20.93	4.99	0.006
2014245	71.29	0.75	20.95	22.53	5.18	0.0446
2014246	33.95	0.75	19.31	20.69	4.09	0.016
2014247	75.4	0.75	21.2	23.26	5.83	0.0122
2014248	71.5	0.75	21.6	24.06	6.5	0.0068
2014249	183.6	0.75	21.9	23.75	5.25	0.013
2014250	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2014251	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2014252	183.5	0.75	22	22.39	4.36	0
2014253	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2014254	142.8	0.75	22.9	23.61	5.89	0.0004
2014255	70.8	0.08	22.7	25.67	6.75	0.0068
2014256	152.8	0.8	23.5	26.36	6.08	0.0016
2014257	183.3	0.41	23.9	25.3	4.25	0
2014258	186.2	0.63	22.6	24.74	3.78	0
2014259	139.8	0.75	21.6	22.36	5.5	0.0002
2014260	268.4	0.75	21.36	20.57	4.6	0
2014261	210.77	0.75	20.42	20.12	3.67	0
2014262	225.38	0.78	21.21	21.55	3.69	0
2014263	162.24	0.68	19.83	20.65	3.63	0.0006
2014264	206.72	0.41	20.49	20.96	3.87	0
2014265	147.88	0.6	21.43	22.51	4.42	0
2014266	188.77	0.8	20.91	19.91	4.38	0.0064
2014267	151.07	0.75	20.43	21.23	4.81	0
2014268	208.33	0.66	19.37	17.54	4.78	0
2014269	132.17	0.4	22.37	23.17	5.72	0
2014270	145.07	0.53	21.5	23.14	5.25	0.011
2014271	197.97	0.35	21.24	20.61	5.58	0
2014272	154.57	0.5	20.16	19.42	4.75	0
2014273	197.01	0.8	19.62	19.34	5.1	0
2014274	92.57	0.75	19.57	20.41	5.27	0
2014275	121.21	0.75	19.78	20.17	3.89	0
2014276	150.22	0.75	20.37	18.78	4.09	0
2014277	67.16	0.75	20.66	20.74	5.75	0
2014278	164.7	0.75	19.97	18.93	6	0
2014279	107.57	0.75	18.05	17.7	6.45	0.0018
2014280	105.25	0.75	19.73	20.23	7.81	0.0002
2014281	46.6	0.75	19.89	21.73	8.29	0
2014282	52.85	0.75	18.68	20.18	6.39	0
2014283	83.83	0.75	18.57	18.87	5.17	0
2014284	149.44	0.25	16.64	15.14	4.88	0
2014285	120.42	0.59	16.31	13.83	3.84	0
2014286	91.11	0.08	19.65	19.48	7.84	0
2014287	103.03	0.8	18.16	18.45	5.41	0.0008
2014288	167.89	0.41	17.32	15.29	4.88	0
2014289	140.49	0.63	16.66	14.94	4.53	0
2014290	107.6	0.75	16.01	15.24	4.57	0
2014291	61.52	0.75	19.41	21.85	5.49	0
2014292	83.28	0.75	19.71	21.65	4.28	0
2014293	100.31	0.78	19.89	20.7	4.96	0
2014294	136.31	0.68	19.41	19.36	5.65	0
2014295	161.39	0.41	18.24	17.31	4.13	0
2014296	58.4	0.6	19.45	20.57	7.64	0.0144
2014297	120.34	0.8	19.11	19.77	4.5	0

2014298	48.91	0.75	18.65	20	8.03	0.0144
2014299	119.15	0.66	16.33	14.31	8.2	0.0008
2014300	120.59	0.4	16.41	14.79	6.32	0.0004
2014301	45.88	0.53	18.93	19.89	7.78	0.0014
2014302	110.56	0.35	16.86	15.67	7.58	0.0028
2014303	100.27	0.5	16.66	14.92	7.73	0.0006
2014304	62.73	0.8	17.94	18.73	7.96	0.0324
2014305	74.77	0.75	19.07	19.47	11.11	0.0064
2014306	114.25	0.25	16.73	14.02	8.7	0
2014307	143.03	0.25	14.8	12.24	7.26	0.0002
2014308	113.72	0.25	14.41	14.16	7.44	0
2014309	75.56	0.25	17.79	18.02	8.48	0.0004
2014310	100.2	0.25	16.69	17.65	7.16	0.015
2014311	111.75	0.25	16.33	16.98	7.94	0.0074
2014312	225.83	0.25	14.13	12.14	8.69	0.0224
2014313	108.27	0.25	14.03	13.33	6.71	0
2014314	79.55	0.25	17.07	15.56	7.04	0.0002
2014315	127.51	0.25	16.19	15.62	6.52	0
2014316	121.32	0.25	15.51	15.13	9.4	0.0124
2014317	86.28	0.59	15.14	14.07	10.81	0.0006
2014318	76.54	0.08	14.7	14.47	9.94	0.0072
2014319	170.3	0.8	14.91	14.23	8.96	0.0032
2014320	65.94	0.41	15.11	14.99	7.74	0.0008
2014321	82.29	0.63	14.45	14.53	8.57	0.0454
2014322	77.26	0.75	13.58	12.14	8.77	0.0098
2014323	83.94	0.75	14.01	12.69	9.33	0.007
2014324	59.41	0.75	14.62	14.24	8.9	0.0078
2014325	53.01	0.78	15.53	15.96	8.87	0.0002
2014326	155.82	0.68	15.56	15.71	9.42	0.0071
2014327	48.08	0.41	16.47	16.98	11.88	0.0004
2014328	54.88	0.6	16.31	16.38	11.84	0
2014329	90.89	0.8	15.62	14.2	9.25	0
2014330	68.08	0.75	13.74	13.2	10.34	0.0054
2014331	91.76	0.66	12.88	13.26	10.42	0.0254
2014332	72.58	0.4	13.74	13.32	11.7	0.0018
2014333	162.7	0.53	13.33	12.79	9.73	0.0029
2014334	94.33	0.35	11.7	12.84	8.36	0
2014335	71.65	0.5	14.89	15.47	9.92	0.0028
2014336	116.57	0.8	14.63	14.44	8.52	0
2014337	83.05	0.75	14.8	15.67	9.35	0.0094
2014338	73.04	0.25	15.38	16.86	11.62	0.11
2014339	53.55	0.59	15.34	16.67	10.47	0.0286
2014340	53.47	0.08	15.96	17.37	10.32	0.019
2014341	59.65	0.8	17	18.35	9.76	0.0266
2014342	80.85	0.41	17.94	18.24	10.94	0.0072
2014343	79.13	0.63	17.12	17.37	12.01	0.029
2014344	48.5	0.75	17.23	16.82	12.35	0.0068
2014345	52.22	0.75	16.56	16.7	12.94	0
2014346	44.4	0.75	18.06	18.17	12.91	0.0032
2014347	122.59	0.78	16.06	15.24	12.31	0
2014348	133.8	0.68	15.84	14.94	12.4	0
2014349	122	0.41	15.36	15.11	10.02	0
2014350	57.43	0.6	15.02	15.65	10.38	0.0024
2014351	62.75	0.8	13.51	14.04	8.6	0
2014352	64.82	0.41	13.21	14.05	8.27	0.0016
2014353	51.05	0.6	13.42	13.62	8.23	0
2014354	30.58	0.8	14.19	13.96	9.4	0
2014355	70.57	0.75	13.59	13.67	8.67	0
2014356	80.89	0.66	15.59	14.31	9.55	0
2014357	57.65	0.4	16.1	16.09	11.64	0
2014358	67.77	0.53	15	15.26	10.75	0
2014359	94	0.35	13.12	12.42	9.75	0
2014360	68.79	0.5	13.3	14.06	9.54	0
2014361	89.09	0.8	13.17	11.75	10.6	0
2014362	75.91	0.75	12.29	11.79	9.32	0
2014363	60.25	0.25	12.54	12.7	8.57	0
2014364	73.05	0.59	14.45	14.03	8.92	0
2014365	91.56	0.08	13.27	14.7	8.13	0

Lake withdrawals - labels refer to distances below FSL
(116.72)

1 # number of outflows
YrDayNum mosteiros

2004001	0	2006275	0	2009184	0	2012094	0
2004002	0	2006276	0	2009185	0	2012095	2105.92
2004003	0	2006277	0	2009186	0	2012096	1241.92
2004004	0	2006278	0	2009187	0	2012097	3488.32
2004005	0	2006279	1311.04	2009188	0	2012098	5389.12
2004006	0	2006280	1034.56	2009189	0	2012099	1138.24
2004007	0	2006281	0	2009190	0	2012100	0
2004008	0	2006282	0	2009191	0	2012101	0
2004009	0	2006283	0	2009192	0	2012102	0
2004010	0	2006284	0	2009193	0	2012103	1276.48
2004011	0	2006285	0	2009194	0	2012104	1414.72
2004012	0	2006286	0	2009195	0	2012105	0
2004013	0	2006287	1138.24	2009196	0	2012106	0
2004014	0	2006288	0	2009197	0	2012107	3453.76
2004015	0	2006289	0	2009198	0	2012108	0
2004016	0	2006290	0	2009199	0	2012109	1241.92
2004017	0	2006291	0	2009200	0	2012110	1241.92
2004018	2520.64	2006292	0	2009201	0	2012111	6806.08
2004019	1069.12	2006293	0	2009202	0	2012112	0
2004020	1069.12	2006294	0	2009203	0	2012113	0
2004021	1276.48	2006295	0	2009204	0	2012114	0
2004022	0	2006296	3488.32	2009205	0	2012115	1069.12
2004023	8534.08	2006297	0	2009206	0	2012116	0
2004024	2140.48	2006298	3488.32	2009207	0	2012117	7428.16
2004025	1518.4	2006299	1138.24	2009208	0	2012118	6667.84
2004026	0	2006300	1069.12	2009209	0	2012119	4663.36
2004027	0	2006301	1241.92	2009210	0	2012120	3592
2004028	0	2006302	1483.84	2009211	0	2012121	1656.64
2004029	0	2006303	1103.68	2009212	0	2012122	0
2004030	0	2006304	6598.72	2009213	0	2012123	0
2004031	0	2006305	2105.92	2009214	0	2012124	0
2004032	0	2006306	0	2009215	0	2012125	2486.08
2004033	1518.4	2006307	1034.56	2009216	0	2012126	0
2004034	0	2006308	0	2009217	0	2012127	12819.52
2004035	1138.24	2006309	1069.12	2009218	0	2012128	10918.72
2004036	1138.24	2006310	3592	2009219	0	2012129	8119.36
2004037	1276.48	2006311	2278.72	2009220	0	2012130	1034.56
2004038	2175.04	2006312	4870.72	2009221	0	2012131	0
2004039	4732.48	2006313	0	2009222	0	2012132	0
2004040	0	2006314	1034.56	2009223	0	2012133	0
2004041	1034.56	2006315	0	2009224	0	2012134	1311.04
2004042	0	2006316	3142.72	2009225	0	2012135	0
2004043	0	2006317	1103.68	2009226	0	2012136	0
2004044	2382.4	2006318	2244.16	2009227	0	2012137	0
2004045	2313.28	2006319	1552.96	2009228	0	2012138	1034.56
2004046	1034.56	2006320	1138.24	2009229	0	2012139	1207.36
2004047	0	2006321	8845.12	2009230	0	2012140	0
2004048	0	2006322	2693.44	2009231	0	2012141	0
2004049	1034.56	2006323	2209.6	2009232	0	2012142	0
2004050	1552.96	2006324	2347.84	2009233	0	2012143	1034.56
2004051	0	2006325	1034.56	2009234	0	2012144	3004.48
2004052	1172.8	2006326	2226.88	2009235	0	2012145	31101.76
2004053	1069.12	2006327	1069.12	2009236	0	2012146	2416.96
2004054	3972.16	2006328	0	2009237	0	2012147	1103.68
2004055	1241.92	2006329	0	2009238	0	2012148	0
2004056	5942.08	2006330	1933.12	2009239	0	2012149	0
2004057	5078.08	2006331	5389.12	2009240	0	2012150	0
2004058	1172.8	2006332	1311.04	2009241	0	2012151	0
2004059	0	2006333	1501.12	2009242	0	2012152	0
2004060	1103.68	2006334	0	2009243	2036.8	2012153	1760.32
2004061	1829.44	2006335	1483.84	2009244	8706.88	2012154	2105.92

2004062	1587.52	2006336	0	2009245	3764.8	2012155	0
2004063	0	2006337	2624.32	2009246	3108.16	2012156	0
2004064	3384.64	2006338	20008	2009247	2175.04	2012157	0
2004065	11955.52	2006339	5942.08	2009248	3246.4	2012158	0
2004066	0	2006340	4283.2	2009249	0	2012159	0
2004067	6806.08	2006341	5596.48	2009250	1069.12	2012160	1138.24
2004068	0	2006342	2244.16	2009251	0	2012161	1276.48
2004069	1380.16	2006343	6011.2	2009252	1069.12	2012162	0
2004070	4974.4	2006344	2175.04	2009253	1069.12	2012163	1760.32
2004071	1241.92	2006345	0	2009254	2175.04	2012164	3868.48
2004072	1587.52	2006346	1552.96	2009255	1276.48	2012165	1691.2
2004073	1967.68	2006347	0	2009256	0	2012166	1241.92
2004074	1207.36	2006348	0	2009257	0	2012167	1172.8
2004075	1552.96	2006349	0	2009258	1034.56	2012168	37564.48
2004076	12819.52	2006350	1414.72	2009259	0	2012169	0
2004077	4594.24	2006351	0	2009260	0	2012170	0
2004078	8050.24	2006352	1276.48	2009261	0	2012171	0
2004079	1760.32	2006353	0	2009262	1103.68	2012172	0
2004080	2002.24	2006354	0	2009263	0	2012173	0
2004081	3039.04	2006355	0	2009264	0	2012174	1034.56
2004082	10434.88	2006356	0	2009265	2105.92	2012175	1345.6
2004083	3557.44	2006357	0	2009266	0	2012176	0
2004084	1276.48	2006358	0	2009267	0	2012177	0
2004085	3039.04	2006359	0	2009268	0	2012178	0
2004086	1794.88	2006360	0	2009269	2900.8	2012179	0
2004087	2900.8	2006361	0	2009270	0	2012180	2416.96
2004088	0	2006362	0	2009271	0	2012181	2002.24
2004089	0	2006363	0	2009272	0	2012182	0
2004090	0	2006364	0	2009273	0	2012183	0
2004091	0	2006365	0	2009274	0	2012184	0
2004092	0	2007001	0	2009275	0	2012185	0
2004093	0	2007002	0	2009276	0	2012186	0
2004094	0	2007003	0	2009277	0	2012187	0
2004095	2105.92	2007004	0	2009278	1311.04	2012188	0
2004096	1241.92	2007005	0	2009279	1034.56	2012189	0
2004097	3488.32	2007006	0	2009280	0	2012190	0
2004098	5389.12	2007007	0	2009281	0	2012191	0
2004099	1138.24	2007008	0	2009282	0	2012192	0
2004100	0	2007009	0	2009283	0	2012193	0
2004101	0	2007010	0	2009284	0	2012194	0
2004102	0	2007011	0	2009285	0	2012195	0
2004103	1276.48	2007012	0	2009286	1138.24	2012196	0
2004104	1414.72	2007013	0	2009287	0	2012197	0
2004105	0	2007014	0	2009288	0	2012198	0
2004106	0	2007015	0	2009289	0	2012199	0
2004107	3453.76	2007016	0	2009290	0	2012200	0
2004108	0	2007017	0	2009291	0	2012201	0
2004109	1241.92	2007018	2520.64	2009292	0	2012202	0
2004110	1241.92	2007019	1069.12	2009293	0	2012203	0
2004111	6806.08	2007020	1069.12	2009294	0	2012204	0
2004112	0	2007021	1276.48	2009295	3488.32	2012205	0
2004113	0	2007022	0	2009296	0	2012206	0
2004114	0	2007023	8534.08	2009297	3488.32	2012207	0
2004115	1069.12	2007024	2140.48	2009298	1138.24	2012208	0
2004116	0	2007025	1518.4	2009299	1069.12	2012209	0
2004117	7428.16	2007026	0	2009300	1241.92	2012210	0
2004118	6667.84	2007027	0	2009301	1483.84	2012211	0
2004119	4663.36	2007028	0	2009302	1103.68	2012212	0
2004120	3592	2007029	0	2009303	6598.72	2012213	0
2004121	1656.64	2007030	0	2009304	2105.92	2012214	0
2004122	0	2007031	0	2009305	0	2012215	0
2004123	0	2007032	0	2009306	1034.56	2012216	0
2004124	0	2007033	1518.4	2009307	0	2012217	0
2004125	2486.08	2007034	0	2009308	1069.12	2012218	0
2004126	0	2007035	1138.24	2009309	3592	2012219	0

2004127	12819.52	2007036	1138.24	2009310	2278.72	2012220	0
2004128	10918.72	2007037	1276.48	2009311	4870.72	2012221	0
2004129	8119.36	2007038	2175.04	2009312	0	2012222	0
2004130	1034.56	2007039	4732.48	2009313	1034.56	2012223	0
2004131	0	2007040	0	2009314	0	2012224	0
2004132	0	2007041	1034.56	2009315	3142.72	2012225	0
2004133	0	2007042	0	2009316	1103.68	2012226	0
2004134	1311.04	2007043	0	2009317	2244.16	2012227	0
2004135	0	2007044	2382.4	2009318	1552.96	2012228	0
2004136	0	2007045	2313.28	2009319	1138.24	2012229	0
2004137	0	2007046	1034.56	2009320	8845.12	2012230	0
2004138	1034.56	2007047	0	2009321	2693.44	2012231	0
2004139	1207.36	2007048	0	2009322	2209.6	2012232	0
2004140	0	2007049	1034.56	2009323	2347.84	2012233	0
2004141	0	2007050	1552.96	2009324	1034.56	2012234	0
2004142	0	2007051	0	2009325	2226.88	2012235	0
2004143	1034.56	2007052	1172.8	2009326	1069.12	2012236	0
2004144	3004.48	2007053	1069.12	2009327	0	2012237	0
2004145	31101.76	2007054	3972.16	2009328	0	2012238	0
2004146	2416.96	2007055	1241.92	2009329	1933.12	2012239	0
2004147	1103.68	2007056	5942.08	2009330	5389.12	2012240	0
2004148	0	2007057	5078.08	2009331	1311.04	2012241	0
2004149	0	2007058	1172.8	2009332	1501.12	2012242	0
2004150	0	2007059	0	2009333	0	2012243	0
2004151	0	2007060	1103.68	2009334	1483.84	2012244	2036.8
2004152	0	2007061	1829.44	2009335	0	2012245	8706.88
2004153	1760.32	2007062	1587.52	2009336	2624.32	2012246	3764.8
2004154	2105.92	2007063	0	2009337	20008	2012247	3108.16
2004155	0	2007064	3384.64	2009338	5942.08	2012248	2175.04
2004156	0	2007065	11955.52	2009339	4283.2	2012249	3246.4
2004157	0	2007066	0	2009340	5596.48	2012250	0
2004158	0	2007067	6806.08	2009341	2244.16	2012251	1069.12
2004159	0	2007068	0	2009342	6011.2	2012252	0
2004160	1138.24	2007069	1380.16	2009343	2175.04	2012253	1069.12
2004161	1276.48	2007070	4974.4	2009344	0	2012254	1069.12
2004162	0	2007071	1241.92	2009345	1552.96	2012255	2175.04
2004163	1760.32	2007072	1587.52	2009346	0	2012256	1276.48
2004164	3868.48	2007073	1967.68	2009347	0	2012257	0
2004165	1691.2	2007074	1207.36	2009348	0	2012258	0
2004166	1241.92	2007075	1552.96	2009349	1414.72	2012259	1034.56
2004167	1172.8	2007076	12819.52	2009350	0	2012260	0
2004168	37564.48	2007077	4594.24	2009351	1276.48	2012261	0
2004169	0	2007078	8050.24	2009352	0	2012262	0
2004170	0	2007079	1760.32	2009353	0	2012263	1103.68
2004171	0	2007080	2002.24	2009354	0	2012264	0
2004172	0	2007081	3039.04	2009355	0	2012265	0
2004173	0	2007082	10434.88	2009356	0	2012266	2105.92
2004174	1034.56	2007083	3557.44	2009357	0	2012267	0
2004175	1345.6	2007084	1276.48	2009358	0	2012268	0
2004176	0	2007085	3039.04	2009359	0	2012269	0
2004177	0	2007086	1794.88	2009360	0	2012270	2900.8
2004178	0	2007087	2900.8	2009361	0	2012271	0
2004179	0	2007088	0	2009362	0	2012272	0
2004180	2416.96	2007089	0	2009363	0	2012273	0
2004181	2002.24	2007090	0	2009364	0	2012274	0
2004182	0	2007091	0	2009365	0	2012275	0
2004183	0	2007092	0	2010001	0	2012276	0
2004184	0	2007093	0	2010002	0	2012277	0
2004185	0	2007094	0	2010003	0	2012278	0
2004186	0	2007095	2105.92	2010004	0	2012279	1311.04
2004187	0	2007096	1241.92	2010005	0	2012280	1034.56
2004188	0	2007097	3488.32	2010006	0	2012281	0
2004189	0	2007098	5389.12	2010007	0	2012282	0
2004190	0	2007099	1138.24	2010008	0	2012283	0
2004191	0	2007100	0	2010009	0	2012284	0

2004192	0	2007101	0	2010010	0	2012285	0
2004193	0	2007102	0	2010011	0	2012286	0
2004194	0	2007103	1276.48	2010012	0	2012287	1138.24
2004195	0	2007104	1414.72	2010013	0	2012288	0
2004196	0	2007105	0	2010014	0	2012289	0
2004197	0	2007106	0	2010015	0	2012290	0
2004198	0	2007107	3453.76	2010016	0	2012291	0
2004199	0	2007108	0	2010017	0	2012292	0
2004200	0	2007109	1241.92	2010018	2520.64	2012293	0
2004201	0	2007110	1241.92	2010019	1069.12	2012294	0
2004202	0	2007111	6806.08	2010020	1069.12	2012295	0
2004203	0	2007112	0	2010021	1276.48	2012296	3488.32
2004204	0	2007113	0	2010022	0	2012297	0
2004205	0	2007114	0	2010023	8534.08	2012298	3488.32
2004206	0	2007115	1069.12	2010024	2140.48	2012299	1138.24
2004207	0	2007116	0	2010025	1518.4	2012300	1069.12
2004208	0	2007117	7428.16	2010026	0	2012301	1241.92
2004209	0	2007118	6667.84	2010027	0	2012302	1483.84
2004210	0	2007119	4663.36	2010028	0	2012303	1103.68
2004211	0	2007120	3592	2010029	0	2012304	6598.72
2004212	0	2007121	1656.64	2010030	0	2012305	2105.92
2004213	0	2007122	0	2010031	0	2012306	0
2004214	0	2007123	0	2010032	0	2012307	1034.56
2004215	0	2007124	0	2010033	1518.4	2012308	0
2004216	0	2007125	2486.08	2010034	0	2012309	1069.12
2004217	0	2007126	0	2010035	1138.24	2012310	3592
2004218	0	2007127	12819.52	2010036	1138.24	2012311	2278.72
2004219	0	2007128	10918.72	2010037	1276.48	2012312	4870.72
2004220	0	2007129	8119.36	2010038	2175.04	2012313	0
2004221	0	2007130	1034.56	2010039	4732.48	2012314	1034.56
2004222	0	2007131	0	2010040	0	2012315	0
2004223	0	2007132	0	2010041	1034.56	2012316	3142.72
2004224	0	2007133	0	2010042	0	2012317	1103.68
2004225	0	2007134	1311.04	2010043	0	2012318	2244.16
2004226	0	2007135	0	2010044	2382.4	2012319	1552.96
2004227	0	2007136	0	2010045	2313.28	2012320	1138.24
2004228	0	2007137	0	2010046	1034.56	2012321	8845.12
2004229	0	2007138	1034.56	2010047	0	2012322	2693.44
2004230	0	2007139	1207.36	2010048	0	2012323	2209.6
2004231	0	2007140	0	2010049	1034.56	2012324	2347.84
2004232	0	2007141	0	2010050	1552.96	2012325	1034.56
2004233	0	2007142	0	2010051	0	2012326	2226.88
2004234	0	2007143	1034.56	2010052	1172.8	2012327	1069.12
2004235	0	2007144	3004.48	2010053	1069.12	2012328	0
2004236	0	2007145	31101.76	2010054	3972.16	2012329	0
2004237	0	2007146	2416.96	2010055	1241.92	2012330	1933.12
2004238	0	2007147	1103.68	2010056	5942.08	2012331	5389.12
2004239	0	2007148	0	2010057	5078.08	2012332	1311.04
2004240	0	2007149	0	2010058	1172.8	2012333	1501.12
2004241	0	2007150	0	2010059	0	2012334	0
2004242	0	2007151	0	2010060	1103.68	2012335	1483.84
2004243	0	2007152	0	2010061	1829.44	2012336	0
2004244	2036.8	2007153	1760.32	2010062	1587.52	2012337	2624.32
2004245	8706.88	2007154	2105.92	2010063	0	2012338	20008
2004246	3764.8	2007155	0	2010064	3384.64	2012339	5942.08
2004247	3108.16	2007156	0	2010065	11955.52	2012340	4283.2
2004248	2175.04	2007157	0	2010066	0	2012341	5596.48
2004249	3246.4	2007158	0	2010067	6806.08	2012342	2244.16
2004250	0	2007159	0	2010068	0	2012343	6011.2
2004251	1069.12	2007160	1138.24	2010069	1380.16	2012344	2175.04
2004252	0	2007161	1276.48	2010070	4974.4	2012345	0
2004253	1069.12	2007162	0	2010071	1241.92	2012346	1552.96
2004254	1069.12	2007163	1760.32	2010072	1587.52	2012347	0
2004255	2175.04	2007164	3868.48	2010073	1967.68	2012348	0
2004256	1276.48	2007165	1691.2	2010074	1207.36	2012349	0

2004257	0	2007166	1241.92	2010075	1552.96	2012350	1414.72
2004258	0	2007167	1172.8	2010076	12819.52	2012351	0
2004259	1034.56	2007168	37564.48	2010077	4594.24	2012352	1276.48
2004260	0	2007169	0	2010078	8050.24	2012353	0
2004261	0	2007170	0	2010079	1760.32	2012354	0
2004262	0	2007171	0	2010080	2002.24	2012355	0
2004263	1103.68	2007172	0	2010081	3039.04	2012356	0
2004264	0	2007173	0	2010082	10434.88	2012357	0
2004265	0	2007174	1034.56	2010083	3557.44	2012358	0
2004266	2105.92	2007175	1345.6	2010084	1276.48	2012359	0
2004267	0	2007176	0	2010085	3039.04	2012360	0
2004268	0	2007177	0	2010086	1794.88	2012361	0
2004269	0	2007178	0	2010087	2900.8	2012362	0
2004270	2900.8	2007179	0	2010088	0	2012363	0
2004271	0	2007180	2416.96	2010089	0	2012364	0
2004272	0	2007181	2002.24	2010090	0	2012365	0
2004273	0	2007182	0	2010091	0	2012366	0
2004274	0	2007183	0	2010092	0	2013001	0
2004275	0	2007184	0	2010093	0	2013002	0
2004276	0	2007185	0	2010094	0	2013003	0
2004277	0	2007186	0	2010095	2105.92	2013004	0
2004278	0	2007187	0	2010096	1241.92	2013005	0
2004279	1311.04	2007188	0	2010097	3488.32	2013006	0
2004280	1034.56	2007189	0	2010098	5389.12	2013007	0
2004281	0	2007190	0	2010099	1138.24	2013008	0
2004282	0	2007191	0	2010100	0	2013009	0
2004283	0	2007192	0	2010101	0	2013010	0
2004284	0	2007193	0	2010102	0	2013011	0
2004285	0	2007194	0	2010103	1276.48	2013012	0
2004286	0	2007195	0	2010104	1414.72	2013013	0
2004287	1138.24	2007196	0	2010105	0	2013014	0
2004288	0	2007197	0	2010106	0	2013015	0
2004289	0	2007198	0	2010107	3453.76	2013016	0
2004290	0	2007199	0	2010108	0	2013017	2520.64
2004291	0	2007200	0	2010109	1241.92	2013018	1069.12
2004292	0	2007201	0	2010110	1241.92	2013019	1069.12
2004293	0	2007202	0	2010111	6806.08	2013020	1276.48
2004294	0	2007203	0	2010112	0	2013021	0
2004295	0	2007204	0	2010113	0	2013022	8534.08
2004296	3488.32	2007205	0	2010114	0	2013023	2140.48
2004297	0	2007206	0	2010115	1069.12	2013024	1518.4
2004298	3488.32	2007207	0	2010116	0	2013025	0
2004299	1138.24	2007208	0	2010117	7428.16	2013026	0
2004300	1069.12	2007209	0	2010118	6667.84	2013027	0
2004301	1241.92	2007210	0	2010119	4663.36	2013028	0
2004302	1483.84	2007211	0	2010120	3592	2013029	0
2004303	1103.68	2007212	0	2010121	1656.64	2013030	0
2004304	6598.72	2007213	0	2010122	0	2013031	0
2004305	2105.92	2007214	0	2010123	0	2013032	1518.4
2004306	0	2007215	0	2010124	0	2013033	0
2004307	1034.56	2007216	0	2010125	2486.08	2013034	1138.24
2004308	0	2007217	0	2010126	0	2013035	1138.24
2004309	1069.12	2007218	0	2010127	12819.52	2013036	1276.48
2004310	3592	2007219	0	2010128	10918.72	2013037	2175.04
2004311	2278.72	2007220	0	2010129	8119.36	2013038	4732.48
2004312	4870.72	2007221	0	2010130	1034.56	2013039	0
2004313	0	2007222	0	2010131	0	2013040	1034.56
2004314	1034.56	2007223	0	2010132	0	2013041	0
2004315	0	2007224	0	2010133	0	2013042	0
2004316	3142.72	2007225	0	2010134	1311.04	2013043	2382.4
2004317	1103.68	2007226	0	2010135	0	2013044	2313.28
2004318	2244.16	2007227	0	2010136	0	2013045	1034.56
2004319	1552.96	2007228	0	2010137	0	2013046	0
2004320	1138.24	2007229	0	2010138	1034.56	2013047	0
2004321	8845.12	2007230	0	2010139	1207.36	2013048	1034.56

2004322	2693.44	2007231	0	2010140	0	2013049	1552.96
2004323	2209.6	2007232	0	2010141	0	2013050	0
2004324	2347.84	2007233	0	2010142	0	2013051	1172.8
2004325	1034.56	2007234	0	2010143	1034.56	2013052	1069.12
2004326	2226.88	2007235	0	2010144	3004.48	2013053	3972.16
2004327	1069.12	2007236	0	2010145	31101.76	2013054	1241.92
2004328	0	2007237	0	2010146	2416.96	2013055	5942.08
2004329	0	2007238	0	2010147	1103.68	2013056	5078.08
2004330	1933.12	2007239	0	2010148	0	2013057	1172.8
2004331	5389.12	2007240	0	2010149	0	2013058	0
2004332	1311.04	2007241	0	2010150	0	2013059	1103.68
2004333	1501.12	2007242	0	2010151	0	2013060	1829.44
2004334	0	2007243	0	2010152	0	2013061	1587.52
2004335	1483.84	2007244	2036.8	2010153	1760.32	2013062	0
2004336	0	2007245	8706.88	2010154	2105.92	2013063	3384.64
2004337	2624.32	2007246	3764.8	2010155	0	2013064	11955.52
2004338	20008	2007247	3108.16	2010156	0	2013065	0
2004339	5942.08	2007248	2175.04	2010157	0	2013066	6806.08
2004340	4283.2	2007249	3246.4	2010158	0	2013067	0
2004341	5596.48	2007250	0	2010159	0	2013068	1380.16
2004342	2244.16	2007251	1069.12	2010160	1138.24	2013069	4974.4
2004343	6011.2	2007252	0	2010161	1276.48	2013070	1241.92
2004344	2175.04	2007253	1069.12	2010162	0	2013071	1587.52
2004345	0	2007254	1069.12	2010163	1760.32	2013072	1967.68
2004346	1552.96	2007255	2175.04	2010164	3868.48	2013073	1207.36
2004347	0	2007256	1276.48	2010165	1691.2	2013074	1552.96
2004348	0	2007257	0	2010166	1241.92	2013075	12819.52
2004349	0	2007258	0	2010167	1172.8	2013076	4594.24
2004350	1414.72	2007259	1034.56	2010168	37564.48	2013077	8050.24
2004351	0	2007260	0	2010169	0	2013078	1760.32
2004352	1276.48	2007261	0	2010170	0	2013079	2002.24
2004353	0	2007262	0	2010171	0	2013080	3039.04
2004354	0	2007263	1103.68	2010172	0	2013081	10434.88
2004355	0	2007264	0	2010173	0	2013082	3557.44
2004356	0	2007265	0	2010174	1034.56	2013083	1276.48
2004357	0	2007266	2105.92	2010175	1345.6	2013084	3039.04
2004358	0	2007267	0	2010176	0	2013085	1794.88
2004359	0	2007268	0	2010177	0	2013086	2900.8
2004360	0	2007269	0	2010178	0	2013087	0
2004361	0	2007270	2900.8	2010179	0	2013088	0
2004362	0	2007271	0	2010180	2416.96	2013089	0
2004363	0	2007272	0	2010181	2002.24	2013090	0
2004364	0	2007273	0	2010182	0	2013091	0
2004365	0	2007274	0	2010183	0	2013092	0
2004366	0	2007275	0	2010184	0	2013093	0
2005001	0	2007276	0	2010185	0	2013094	2105.92
2005002	0	2007277	0	2010186	0	2013095	1241.92
2005003	0	2007278	0	2010187	0	2013096	3488.32
2005004	0	2007279	1311.04	2010188	0	2013097	5389.12
2005005	0	2007280	1034.56	2010189	0	2013098	1138.24
2005006	0	2007281	0	2010190	0	2013099	0
2005007	0	2007282	0	2010191	0	2013100	0
2005008	0	2007283	0	2010192	0	2013101	0
2005009	0	2007284	0	2010193	0	2013102	1276.48
2005010	0	2007285	0	2010194	0	2013103	1414.72
2005011	0	2007286	0	2010195	0	2013104	0
2005012	0	2007287	1138.24	2010196	0	2013105	0
2005013	0	2007288	0	2010197	0	2013106	3453.76
2005014	0	2007289	0	2010198	0	2013107	0
2005015	0	2007290	0	2010199	0	2013108	1241.92
2005016	0	2007291	0	2010200	0	2013109	1241.92
2005017	2520.64	2007292	0	2010201	0	2013110	6806.08
2005018	1069.12	2007293	0	2010202	0	2013111	0
2005019	1069.12	2007294	0	2010203	0	2013112	0
2005020	1276.48	2007295	0	2010204	0	2013113	0

2005021	0	2007296	3488.32	2010205	0	2013114	1069.12
2005022	8534.08	2007297	0	2010206	0	2013115	0
2005023	2140.48	2007298	3488.32	2010207	0	2013116	7428.16
2005024	1518.4	2007299	1138.24	2010208	0	2013117	6667.84
2005025	0	2007300	1069.12	2010209	0	2013118	4663.36
2005026	0	2007301	1241.92	2010210	0	2013119	3592
2005027	0	2007302	1483.84	2010211	0	2013120	1656.64
2005028	0	2007303	1103.68	2010212	0	2013121	0
2005029	0	2007304	6598.72	2010213	0	2013122	0
2005030	0	2007305	2105.92	2010214	0	2013123	0
2005031	0	2007306	0	2010215	0	2013124	2486.08
2005032	1518.4	2007307	1034.56	2010216	0	2013125	0
2005033	0	2007308	0	2010217	0	2013126	12819.52
2005034	1138.24	2007309	1069.12	2010218	0	2013127	10918.72
2005035	1138.24	2007310	3592	2010219	0	2013128	8119.36
2005036	1276.48	2007311	2278.72	2010220	0	2013129	1034.56
2005037	2175.04	2007312	4870.72	2010221	0	2013130	0
2005038	4732.48	2007313	0	2010222	0	2013131	0
2005039	0	2007314	1034.56	2010223	0	2013132	0
2005040	1034.56	2007315	0	2010224	0	2013133	1311.04
2005041	0	2007316	3142.72	2010225	0	2013134	0
2005042	0	2007317	1103.68	2010226	0	2013135	0
2005043	2382.4	2007318	2244.16	2010227	0	2013136	0
2005044	2313.28	2007319	1552.96	2010228	0	2013137	1034.56
2005045	1034.56	2007320	1138.24	2010229	0	2013138	1207.36
2005046	0	2007321	8845.12	2010230	0	2013139	0
2005047	0	2007322	2693.44	2010231	0	2013140	0
2005048	1034.56	2007323	2209.6	2010232	0	2013141	0
2005049	1552.96	2007324	2347.84	2010233	0	2013142	1034.56
2005050	0	2007325	1034.56	2010234	0	2013143	3004.48
2005051	1172.8	2007326	2226.88	2010235	0	2013144	31101.76
2005052	1069.12	2007327	1069.12	2010236	0	2013145	2416.96
2005053	3972.16	2007328	0	2010237	0	2013146	1103.68
2005054	1241.92	2007329	0	2010238	0	2013147	0
2005055	5942.08	2007330	1933.12	2010239	0	2013148	0
2005056	5078.08	2007331	5389.12	2010240	0	2013149	0
2005057	1172.8	2007332	1311.04	2010241	0	2013150	0
2005058	0	2007333	1501.12	2010242	0	2013151	0
2005059	1103.68	2007334	0	2010243	0	2013152	1760.32
2005060	1829.44	2007335	1483.84	2010244	2036.8	2013153	2105.92
2005061	1587.52	2007336	0	2010245	8706.88	2013154	0
2005062	0	2007337	2624.32	2010246	3764.8	2013155	0
2005063	3384.64	2007338	20008	2010247	3108.16	2013156	0
2005064	11955.52	2007339	5942.08	2010248	2175.04	2013157	0
2005065	0	2007340	4283.2	2010249	3246.4	2013158	0
2005066	6806.08	2007341	5596.48	2010250	0	2013159	1138.24
2005067	0	2007342	2244.16	2010251	1069.12	2013160	1276.48
2005068	1380.16	2007343	6011.2	2010252	0	2013161	0
2005069	4974.4	2007344	2175.04	2010253	1069.12	2013162	1760.32
2005070	1241.92	2007345	0	2010254	1069.12	2013163	3868.48
2005071	1587.52	2007346	1552.96	2010255	2175.04	2013164	1691.2
2005072	1967.68	2007347	0	2010256	1276.48	2013165	1241.92
2005073	1207.36	2007348	0	2010257	0	2013166	1172.8
2005074	1552.96	2007349	0	2010258	0	2013167	37564.48
2005075	12819.52	2007350	1414.72	2010259	1034.56	2013168	0
2005076	4594.24	2007351	0	2010260	0	2013169	0
2005077	8050.24	2007352	1276.48	2010261	0	2013170	0
2005078	1760.32	2007353	0	2010262	0	2013171	0
2005079	2002.24	2007354	0	2010263	1103.68	2013172	0
2005080	3039.04	2007355	0	2010264	0	2013173	1034.56
2005081	10434.88	2007356	0	2010265	0	2013174	1345.6
2005082	3557.44	2007357	0	2010266	2105.92	2013175	0
2005083	1276.48	2007358	0	2010267	0	2013176	0
2005084	3039.04	2007359	0	2010268	0	2013177	0
2005085	1794.88	2007360	0	2010269	0	2013178	0

2005086	2900.8	2007361	0	2010270	2900.8	2013179	2416.96
2005087	0	2007362	0	2010271	0	2013180	2002.24
2005088	0	2007363	0	2010272	0	2013181	0
2005089	0	2007364	0	2010273	0	2013182	0
2005090	0	2007365	0	2010274	0	2013183	0
2005091	0	2008001	0	2010275	0	2013184	0
2005092	0	2008002	0	2010276	0	2013185	0
2005093	0	2008003	0	2010277	0	2013186	0
2005094	2105.92	2008004	0	2010278	0	2013187	0
2005095	1241.92	2008005	0	2010279	1311.04	2013188	0
2005096	3488.32	2008006	0	2010280	1034.56	2013189	0
2005097	5389.12	2008007	0	2010281	0	2013190	0
2005098	1138.24	2008008	0	2010282	0	2013191	0
2005099	0	2008009	0	2010283	0	2013192	0
2005100	0	2008010	0	2010284	0	2013193	0
2005101	0	2008011	0	2010285	0	2013194	0
2005102	1276.48	2008012	0	2010286	0	2013195	0
2005103	1414.72	2008013	0	2010287	1138.24	2013196	0
2005104	0	2008014	0	2010288	0	2013197	0
2005105	0	2008015	0	2010289	0	2013198	0
2005106	3453.76	2008016	0	2010290	0	2013199	0
2005107	0	2008017	0	2010291	0	2013200	0
2005108	1241.92	2008018	2520.64	2010292	0	2013201	0
2005109	1241.92	2008019	1069.12	2010293	0	2013202	0
2005110	6806.08	2008020	1069.12	2010294	0	2013203	0
2005111	0	2008021	1276.48	2010295	0	2013204	0
2005112	0	2008022	0	2010296	3488.32	2013205	0
2005113	0	2008023	8534.08	2010297	0	2013206	0
2005114	1069.12	2008024	2140.48	2010298	3488.32	2013207	0
2005115	0	2008025	1518.4	2010299	1138.24	2013208	0
2005116	7428.16	2008026	0	2010300	1069.12	2013209	0
2005117	6667.84	2008027	0	2010301	1241.92	2013210	0
2005118	4663.36	2008028	0	2010302	1483.84	2013211	0
2005119	3592	2008029	0	2010303	1103.68	2013212	0
2005120	1656.64	2008030	0	2010304	6598.72	2013213	0
2005121	0	2008031	0	2010305	2105.92	2013214	0
2005122	0	2008032	0	2010306	0	2013215	0
2005123	0	2008033	1518.4	2010307	1034.56	2013216	0
2005124	2486.08	2008034	0	2010308	0	2013217	0
2005125	0	2008035	1138.24	2010309	1069.12	2013218	0
2005126	12819.52	2008036	1138.24	2010310	3592	2013219	0
2005127	10918.72	2008037	1276.48	2010311	2278.72	2013220	0
2005128	8119.36	2008038	2175.04	2010312	4870.72	2013221	0
2005129	1034.56	2008039	4732.48	2010313	0	2013222	0
2005130	0	2008040	0	2010314	1034.56	2013223	0
2005131	0	2008041	1034.56	2010315	0	2013224	0
2005132	0	2008042	0	2010316	3142.72	2013225	0
2005133	1311.04	2008043	0	2010317	1103.68	2013226	0
2005134	0	2008044	2382.4	2010318	2244.16	2013227	0
2005135	0	2008045	2313.28	2010319	1552.96	2013228	0
2005136	0	2008046	1034.56	2010320	1138.24	2013229	0
2005137	1034.56	2008047	0	2010321	8845.12	2013230	0
2005138	1207.36	2008048	0	2010322	2693.44	2013231	0
2005139	0	2008049	1034.56	2010323	2209.6	2013232	0
2005140	0	2008050	1552.96	2010324	2347.84	2013233	0
2005141	0	2008051	0	2010325	1034.56	2013234	0
2005142	1034.56	2008052	1172.8	2010326	2226.88	2013235	0
2005143	3004.48	2008053	1069.12	2010327	1069.12	2013236	0
2005144	31101.76	2008054	3972.16	2010328	0	2013237	0
2005145	2416.96	2008055	1241.92	2010329	0	2013238	0
2005146	1103.68	2008056	5942.08	2010330	1933.12	2013239	0
2005147	0	2008057	5078.08	2010331	5389.12	2013240	0
2005148	0	2008058	1172.8	2010332	1311.04	2013241	0
2005149	0	2008059	0	2010333	1501.12	2013242	0
2005150	0	2008060	1103.68	2010334	0	2013243	2036.8

2005151	0	2008061	1829.44	2010335	1483.84	2013244	8706.88
2005152	1760.32	2008062	1587.52	2010336	0	2013245	3764.8
2005153	2105.92	2008063	0	2010337	2624.32	2013246	3108.16
2005154	0	2008064	3384.64	2010338	20008	2013247	2175.04
2005155	0	2008065	11955.52	2010339	5942.08	2013248	3246.4
2005156	0	2008066	0	2010340	4283.2	2013249	0
2005157	0	2008067	6806.08	2010341	5596.48	2013250	1069.12
2005158	0	2008068	0	2010342	2244.16	2013251	0
2005159	1138.24	2008069	1380.16	2010343	6011.2	2013252	1069.12
2005160	1276.48	2008070	4974.4	2010344	2175.04	2013253	1069.12
2005161	0	2008071	1241.92	2010345	0	2013254	2175.04
2005162	1760.32	2008072	1587.52	2010346	1552.96	2013255	1276.48
2005163	3868.48	2008073	1967.68	2010347	0	2013256	0
2005164	1691.2	2008074	1207.36	2010348	0	2013257	0
2005165	1241.92	2008075	1552.96	2010349	0	2013258	1034.56
2005166	1172.8	2008076	12819.52	2010350	1414.72	2013259	0
2005167	37564.48	2008077	4594.24	2010351	0	2013260	0
2005168	0	2008078	8050.24	2010352	1276.48	2013261	0
2005169	0	2008079	1760.32	2010353	0	2013262	1103.68
2005170	0	2008080	2002.24	2010354	0	2013263	0
2005171	0	2008081	3039.04	2010355	0	2013264	0
2005172	0	2008082	10434.88	2010356	0	2013265	2105.92
2005173	1034.56	2008083	3557.44	2010357	0	2013266	0
2005174	1345.6	2008084	1276.48	2010358	0	2013267	0
2005175	0	2008085	3039.04	2010359	0	2013268	0
2005176	0	2008086	1794.88	2010360	0	2013269	2900.8
2005177	0	2008087	2900.8	2010361	0	2013270	0
2005178	0	2008088	0	2010362	0	2013271	0
2005179	2416.96	2008089	0	2010363	0	2013272	0
2005180	2002.24	2008090	0	2010364	0	2013273	0
2005181	0	2008091	0	2010365	0	2013274	0
2005182	0	2008092	0	2011001	0	2013275	0
2005183	0	2008093	0	2011002	0	2013276	0
2005184	0	2008094	0	2011003	0	2013277	0
2005185	0	2008095	2105.92	2011004	0	2013278	1311.04
2005186	0	2008096	1241.92	2011005	0	2013279	1034.56
2005187	0	2008097	3488.32	2011006	0	2013280	0
2005188	0	2008098	5389.12	2011007	0	2013281	0
2005189	0	2008099	1138.24	2011008	0	2013282	0
2005190	0	2008100	0	2011009	0	2013283	0
2005191	0	2008101	0	2011010	0	2013284	0
2005192	0	2008102	0	2011011	0	2013285	0
2005193	0	2008103	1276.48	2011012	0	2013286	1138.24
2005194	0	2008104	1414.72	2011013	0	2013287	0
2005195	0	2008105	0	2011014	0	2013288	0
2005196	0	2008106	0	2011015	0	2013289	0
2005197	0	2008107	3453.76	2011016	0	2013290	0
2005198	0	2008108	0	2011017	0	2013291	0
2005199	0	2008109	1241.92	2011018	2520.64	2013292	0
2005200	0	2008110	1241.92	2011019	1069.12	2013293	0
2005201	0	2008111	6806.08	2011020	1069.12	2013294	0
2005202	0	2008112	0	2011021	1276.48	2013295	3488.32
2005203	0	2008113	0	2011022	0	2013296	0
2005204	0	2008114	0	2011023	8534.08	2013297	3488.32
2005205	0	2008115	1069.12	2011024	2140.48	2013298	1138.24
2005206	0	2008116	0	2011025	1518.4	2013299	1069.12
2005207	0	2008117	7428.16	2011026	0	2013300	1241.92
2005208	0	2008118	6667.84	2011027	0	2013301	1483.84
2005209	0	2008119	4663.36	2011028	0	2013302	1103.68
2005210	0	2008120	3592	2011029	0	2013303	6598.72
2005211	0	2008121	1656.64	2011030	0	2013304	2105.92
2005212	0	2008122	0	2011031	0	2013305	0
2005213	0	2008123	0	2011032	0	2013306	1034.56
2005214	0	2008124	0	2011033	1518.4	2013307	0
2005215	0	2008125	2486.08	2011034	0	2013308	1069.12

2005216	0	2008126	0	2011035	1138.24	2013309	3592
2005217	0	2008127	12819.52	2011036	1138.24	2013310	2278.72
2005218	0	2008128	10918.72	2011037	1276.48	2013311	4870.72
2005219	0	2008129	8119.36	2011038	2175.04	2013312	0
2005220	0	2008130	1034.56	2011039	4732.48	2013313	1034.56
2005221	0	2008131	0	2011040	0	2013314	0
2005222	0	2008132	0	2011041	1034.56	2013315	3142.72
2005223	0	2008133	0	2011042	0	2013316	1103.68
2005224	0	2008134	1311.04	2011043	0	2013317	2244.16
2005225	0	2008135	0	2011044	2382.4	2013318	1552.96
2005226	0	2008136	0	2011045	2313.28	2013319	1138.24
2005227	0	2008137	0	2011046	1034.56	2013320	8845.12
2005228	0	2008138	1034.56	2011047	0	2013321	2693.44
2005229	0	2008139	1207.36	2011048	0	2013322	2209.6
2005230	0	2008140	0	2011049	1034.56	2013323	2347.84
2005231	0	2008141	0	2011050	1552.96	2013324	1034.56
2005232	0	2008142	0	2011051	0	2013325	2226.88
2005233	0	2008143	1034.56	2011052	1172.8	2013326	1069.12
2005234	0	2008144	3004.48	2011053	1069.12	2013327	0
2005235	0	2008145	31101.76	2011054	3972.16	2013328	0
2005236	0	2008146	2416.96	2011055	1241.92	2013329	1933.12
2005237	0	2008147	1103.68	2011056	5942.08	2013330	5389.12
2005238	0	2008148	0	2011057	5078.08	2013331	1311.04
2005239	0	2008149	0	2011058	1172.8	2013332	1501.12
2005240	0	2008150	0	2011059	0	2013333	0
2005241	0	2008151	0	2011060	1103.68	2013334	1483.84
2005242	0	2008152	0	2011061	1829.44	2013335	0
2005243	2036.8	2008153	1760.32	2011062	1587.52	2013336	2624.32
2005244	8706.88	2008154	2105.92	2011063	0	2013337	20008
2005245	3764.8	2008155	0	2011064	3384.64	2013338	5942.08
2005246	3108.16	2008156	0	2011065	11955.52	2013339	4283.2
2005247	2175.04	2008157	0	2011066	0	2013340	5596.48
2005248	3246.4	2008158	0	2011067	6806.08	2013341	2244.16
2005249	0	2008159	0	2011068	0	2013342	6011.2
2005250	1069.12	2008160	1138.24	2011069	1380.16	2013343	2175.04
2005251	0	2008161	1276.48	2011070	4974.4	2013344	0
2005252	1069.12	2008162	0	2011071	1241.92	2013345	1552.96
2005253	1069.12	2008163	1760.32	2011072	1587.52	2013346	0
2005254	2175.04	2008164	3868.48	2011073	1967.68	2013347	0
2005255	1276.48	2008165	1691.2	2011074	1207.36	2013348	0
2005256	0	2008166	1241.92	2011075	1552.96	2013349	1414.72
2005257	0	2008167	1172.8	2011076	12819.52	2013350	0
2005258	1034.56	2008168	37564.48	2011077	4594.24	2013351	1276.48
2005259	0	2008169	0	2011078	8050.24	2013352	0
2005260	0	2008170	0	2011079	1760.32	2013353	0
2005261	0	2008171	0	2011080	2002.24	2013354	0
2005262	1103.68	2008172	0	2011081	3039.04	2013355	0
2005263	0	2008173	0	2011082	10434.88	2013356	0
2005264	0	2008174	1034.56	2011083	3557.44	2013357	0
2005265	2105.92	2008175	1345.6	2011084	1276.48	2013358	0
2005266	0	2008176	0	2011085	3039.04	2013359	0
2005267	0	2008177	0	2011086	1794.88	2013360	0
2005268	0	2008178	0	2011087	2900.8	2013361	0
2005269	2900.8	2008179	0	2011088	0	2013362	0
2005270	0	2008180	2416.96	2011089	0	2013363	0
2005271	0	2008181	2002.24	2011090	0	2013364	0
2005272	0	2008182	0	2011091	0	2013365	0
2005273	0	2008183	0	2011092	0	2014001	0
2005274	0	2008184	0	2011093	0	2014002	0
2005275	0	2008185	0	2011094	0	2014003	0
2005276	0	2008186	0	2011095	2105.92	2014004	0
2005277	0	2008187	0	2011096	1241.92	2014005	0
2005278	1311.04	2008188	0	2011097	3488.32	2014006	0
2005279	1034.56	2008189	0	2011098	5389.12	2014007	0
2005280	0	2008190	0	2011099	1138.24	2014008	0

2005281	0	2008191	0	2011100	0	2014009	0
2005282	0	2008192	0	2011101	0	2014010	0
2005283	0	2008193	0	2011102	0	2014011	0
2005284	0	2008194	0	2011103	1276.48	2014012	0
2005285	0	2008195	0	2011104	1414.72	2014013	0
2005286	1138.24	2008196	0	2011105	0	2014014	0
2005287	0	2008197	0	2011106	0	2014015	0
2005288	0	2008198	0	2011107	3453.76	2014016	0
2005289	0	2008199	0	2011108	0	2014017	0
2005290	0	2008200	0	2011109	1241.92	2014018	2520.64
2005291	0	2008201	0	2011110	1241.92	2014019	1069.12
2005292	0	2008202	0	2011111	6806.08	2014020	1069.12
2005293	0	2008203	0	2011112	0	2014021	1276.48
2005294	0	2008204	0	2011113	0	2014022	0
2005295	3488.32	2008205	0	2011114	0	2014023	8534.08
2005296	0	2008206	0	2011115	1069.12	2014024	2140.48
2005297	3488.32	2008207	0	2011116	0	2014025	1518.4
2005298	1138.24	2008208	0	2011117	7428.16	2014026	0
2005299	1069.12	2008209	0	2011118	6667.84	2014027	0
2005300	1241.92	2008210	0	2011119	4663.36	2014028	0
2005301	1483.84	2008211	0	2011120	3592	2014029	0
2005302	1103.68	2008212	0	2011121	1656.64	2014030	0
2005303	6598.72	2008213	0	2011122	0	2014031	0
2005304	2105.92	2008214	0	2011123	0	2014032	0
2005305	0	2008215	0	2011124	0	2014033	1518.4
2005306	1034.56	2008216	0	2011125	2486.08	2014034	0
2005307	0	2008217	0	2011126	0	2014035	1138.24
2005308	1069.12	2008218	0	2011127	12819.52	2014036	1138.24
2005309	3592	2008219	0	2011128	10918.72	2014037	1276.48
2005310	2278.72	2008220	0	2011129	8119.36	2014038	2175.04
2005311	4870.72	2008221	0	2011130	1034.56	2014039	4732.48
2005312	0	2008222	0	2011131	0	2014040	0
2005313	1034.56	2008223	0	2011132	0	2014041	1034.56
2005314	0	2008224	0	2011133	0	2014042	0
2005315	3142.72	2008225	0	2011134	1311.04	2014043	0
2005316	1103.68	2008226	0	2011135	0	2014044	2382.4
2005317	2244.16	2008227	0	2011136	0	2014045	2313.28
2005318	1552.96	2008228	0	2011137	0	2014046	1034.56
2005319	1138.24	2008229	0	2011138	1034.56	2014047	0
2005320	8845.12	2008230	0	2011139	1207.36	2014048	0
2005321	2693.44	2008231	0	2011140	0	2014049	1034.56
2005322	2209.6	2008232	0	2011141	0	2014050	1552.96
2005323	2347.84	2008233	0	2011142	0	2014051	0
2005324	1034.56	2008234	0	2011143	1034.56	2014052	1172.8
2005325	2226.88	2008235	0	2011144	3004.48	2014053	1069.12
2005326	1069.12	2008236	0	2011145	31101.76	2014054	3972.16
2005327	0	2008237	0	2011146	2416.96	2014055	1241.92
2005328	0	2008238	0	2011147	1103.68	2014056	5942.08
2005329	1933.12	2008239	0	2011148	0	2014057	5078.08
2005330	5389.12	2008240	0	2011149	0	2014058	1172.8
2005331	1311.04	2008241	0	2011150	0	2014059	0
2005332	1501.12	2008242	0	2011151	0	2014060	1103.68
2005333	0	2008243	0	2011152	0	2014061	1829.44
2005334	1483.84	2008244	2036.8	2011153	1760.32	2014062	1587.52
2005335	0	2008245	8706.88	2011154	2105.92	2014063	0
2005336	2624.32	2008246	3764.8	2011155	0	2014064	3384.64
2005337	20008	2008247	3108.16	2011156	0	2014065	11955.52
2005338	5942.08	2008248	2175.04	2011157	0	2014066	0
2005339	4283.2	2008249	3246.4	2011158	0	2014067	6806.08
2005340	5596.48	2008250	0	2011159	0	2014068	0
2005341	2244.16	2008251	1069.12	2011160	1138.24	2014069	1380.16
2005342	6011.2	2008252	0	2011161	1276.48	2014070	4974.4
2005343	2175.04	2008253	1069.12	2011162	0	2014071	1241.92
2005344	0	2008254	1069.12	2011163	1760.32	2014072	1587.52
2005345	1552.96	2008255	2175.04	2011164	3868.48	2014073	1967.68

2005346	0	2008256	1276.48	2011165	1691.2	2014074	1207.36
2005347	0	2008257	0	2011166	1241.92	2014075	1552.96
2005348	0	2008258	0	2011167	1172.8	2014076	12819.52
2005349	1414.72	2008259	1034.56	2011168	37564.48	2014077	4594.24
2005350	0	2008260	0	2011169	0	2014078	8050.24
2005351	1276.48	2008261	0	2011170	0	2014079	1760.32
2005352	0	2008262	0	2011171	0	2014080	2002.24
2005353	0	2008263	1103.68	2011172	0	2014081	3039.04
2005354	0	2008264	0	2011173	0	2014082	10434.88
2005355	0	2008265	0	2011174	1034.56	2014083	3557.44
2005356	0	2008266	2105.92	2011175	1345.6	2014084	1276.48
2005357	0	2008267	0	2011176	0	2014085	3039.04
2005358	0	2008268	0	2011177	0	2014086	1794.88
2005359	0	2008269	0	2011178	0	2014087	2900.8
2005360	0	2008270	2900.8	2011179	0	2014088	0
2005361	0	2008271	0	2011180	2416.96	2014089	0
2005362	0	2008272	0	2011181	2002.24	2014090	0
2005363	0	2008273	0	2011182	0	2014091	0
2005364	0	2008274	0	2011183	0	2014092	0
2005365	0	2008275	0	2011184	0	2014093	0
2006001	0	2008276	0	2011185	0	2014094	0
2006002	0	2008277	0	2011186	0	2014095	2105.92
2006003	0	2008278	0	2011187	0	2014096	1241.92
2006004	0	2008279	1311.04	2011188	0	2014097	3488.32
2006005	0	2008280	1034.56	2011189	0	2014098	5389.12
2006006	0	2008281	0	2011190	0	2014099	1138.24
2006007	0	2008282	0	2011191	0	2014100	0
2006008	0	2008283	0	2011192	0	2014101	0
2006009	0	2008284	0	2011193	0	2014102	0
2006010	0	2008285	0	2011194	0	2014103	1276.48
2006011	0	2008286	0	2011195	0	2014104	1414.72
2006012	0	2008287	1138.24	2011196	0	2014105	0
2006013	0	2008288	0	2011197	0	2014106	0
2006014	0	2008289	0	2011198	0	2014107	3453.76
2006015	0	2008290	0	2011199	0	2014108	0
2006016	0	2008291	0	2011200	0	2014109	1241.92
2006017	0	2008292	0	2011201	0	2014110	1241.92
2006018	2520.64	2008293	0	2011202	0	2014111	6806.08
2006019	1069.12	2008294	0	2011203	0	2014112	0
2006020	1069.12	2008295	0	2011204	0	2014113	0
2006021	1276.48	2008296	3488.32	2011205	0	2014114	0
2006022	0	2008297	0	2011206	0	2014115	1069.12
2006023	8534.08	2008298	3488.32	2011207	0	2014116	0
2006024	2140.48	2008299	1138.24	2011208	0	2014117	7428.16
2006025	1518.4	2008300	1069.12	2011209	0	2014118	6667.84
2006026	0	2008301	1241.92	2011210	0	2014119	4663.36
2006027	0	2008302	1483.84	2011211	0	2014120	3592
2006028	0	2008303	1103.68	2011212	0	2014121	1656.64
2006029	0	2008304	6598.72	2011213	0	2014122	0
2006030	0	2008305	2105.92	2011214	0	2014123	0
2006031	0	2008306	0	2011215	0	2014124	0
2006032	0	2008307	1034.56	2011216	0	2014125	2486.08
2006033	1518.4	2008308	0	2011217	0	2014126	0
2006034	0	2008309	1069.12	2011218	0	2014127	12819.52
2006035	1138.24	2008310	3592	2011219	0	2014128	10918.72
2006036	1138.24	2008311	2278.72	2011220	0	2014129	8119.36
2006037	1276.48	2008312	4870.72	2011221	0	2014130	1034.56
2006038	2175.04	2008313	0	2011222	0	2014131	0
2006039	4732.48	2008314	1034.56	2011223	0	2014132	0
2006040	0	2008315	0	2011224	0	2014133	0
2006041	1034.56	2008316	3142.72	2011225	0	2014134	1311.04
2006042	0	2008317	1103.68	2011226	0	2014135	0
2006043	0	2008318	2244.16	2011227	0	2014136	0
2006044	2382.4	2008319	1552.96	2011228	0	2014137	0
2006045	2313.28	2008320	1138.24	2011229	0	2014138	1034.56

2006046	1034.56	2008321	8845.12	2011230	0	2014139	1207.36
2006047	0	2008322	2693.44	2011231	0	2014140	0
2006048	0	2008323	2209.6	2011232	0	2014141	0
2006049	1034.56	2008324	2347.84	2011233	0	2014142	0
2006050	1552.96	2008325	1034.56	2011234	0	2014143	1034.56
2006051	0	2008326	2226.88	2011235	0	2014144	3004.48
2006052	1172.8	2008327	1069.12	2011236	0	2014145	31101.76
2006053	1069.12	2008328	0	2011237	0	2014146	2416.96
2006054	3972.16	2008329	0	2011238	0	2014147	1103.68
2006055	1241.92	2008330	1933.12	2011239	0	2014148	0
2006056	5942.08	2008331	5389.12	2011240	0	2014149	0
2006057	5078.08	2008332	1311.04	2011241	0	2014150	0
2006058	1172.8	2008333	1501.12	2011242	0	2014151	0
2006059	0	2008334	0	2011243	0	2014152	0
2006060	1103.68	2008335	1483.84	2011244	2036.8	2014153	1760.32
2006061	1829.44	2008336	0	2011245	8706.88	2014154	2105.92
2006062	1587.52	2008337	2624.32	2011246	3764.8	2014155	0
2006063	0	2008338	20008	2011247	3108.16	2014156	0
2006064	3384.64	2008339	5942.08	2011248	2175.04	2014157	0
2006065	11955.52	2008340	4283.2	2011249	3246.4	2014158	0
2006066	0	2008341	5596.48	2011250	0	2014159	0
2006067	6806.08	2008342	2244.16	2011251	1069.12	2014160	1138.24
2006068	0	2008343	6011.2	2011252	0	2014161	1276.48
2006069	1380.16	2008344	2175.04	2011253	1069.12	2014162	0
2006070	4974.4	2008345	0	2011254	1069.12	2014163	1760.32
2006071	1241.92	2008346	1552.96	2011255	2175.04	2014164	3868.48
2006072	1587.52	2008347	0	2011256	1276.48	2014165	1691.2
2006073	1967.68	2008348	0	2011257	0	2014166	1241.92
2006074	1207.36	2008349	0	2011258	0	2014167	1172.8
2006075	1552.96	2008350	1414.72	2011259	1034.56	2014168	37564.48
2006076	12819.52	2008351	0	2011260	0	2014169	0
2006077	4594.24	2008352	1276.48	2011261	0	2014170	0
2006078	8050.24	2008353	0	2011262	0	2014171	0
2006079	1760.32	2008354	0	2011263	1103.68	2014172	0
2006080	2002.24	2008355	0	2011264	0	2014173	0
2006081	3039.04	2008356	0	2011265	0	2014174	1034.56
2006082	10434.88	2008357	0	2011266	2105.92	2014175	1345.6
2006083	3557.44	2008358	0	2011267	0	2014176	0
2006084	1276.48	2008359	0	2011268	0	2014177	0
2006085	3039.04	2008360	0	2011269	0	2014178	0
2006086	1794.88	2008361	0	2011270	2900.8	2014179	0
2006087	2900.8	2008362	0	2011271	0	2014180	2416.96
2006088	0	2008363	0	2011272	0	2014181	2002.24
2006089	0	2008364	0	2011273	0	2014182	0
2006090	0	2008365	0	2011274	0	2014183	0
2006091	0	2008366	0	2011275	0	2014184	0
2006092	0	2009001	0	2011276	0	2014185	0
2006093	0	2009002	0	2011277	0	2014186	0
2006094	0	2009003	0	2011278	0	2014187	0
2006095	2105.92	2009004	0	2011279	1311.04	2014188	0
2006096	1241.92	2009005	0	2011280	1034.56	2014189	0
2006097	3488.32	2009006	0	2011281	0	2014190	0
2006098	5389.12	2009007	0	2011282	0	2014191	0
2006099	1138.24	2009008	0	2011283	0	2014192	0
2006100	0	2009009	0	2011284	0	2014193	0
2006101	0	2009010	0	2011285	0	2014194	0
2006102	0	2009011	0	2011286	0	2014195	0
2006103	1276.48	2009012	0	2011287	1138.24	2014196	0
2006104	1414.72	2009013	0	2011288	0	2014197	0
2006105	0	2009014	0	2011289	0	2014198	0
2006106	0	2009015	0	2011290	0	2014199	0
2006107	3453.76	2009016	0	2011291	0	2014200	0
2006108	0	2009017	2520.64	2011292	0	2014201	0
2006109	1241.92	2009018	1069.12	2011293	0	2014202	0
2006110	1241.92	2009019	1069.12	2011294	0	2014203	0

2006111	6806.08	2009020	1276.48	2011295	0	2014204	0
2006112	0	2009021	0	2011296	3488.32	2014205	0
2006113	0	2009022	8534.08	2011297	0	2014206	0
2006114	0	2009023	2140.48	2011298	3488.32	2014207	0
2006115	1069.12	2009024	1518.4	2011299	1138.24	2014208	0
2006116	0	2009025	0	2011300	1069.12	2014209	0
2006117	7428.16	2009026	0	2011301	1241.92	2014210	0
2006118	6667.84	2009027	0	2011302	1483.84	2014211	0
2006119	4663.36	2009028	0	2011303	1103.68	2014212	0
2006120	3592	2009029	0	2011304	6598.72	2014213	0
2006121	1656.64	2009030	0	2011305	2105.92	2014214	0
2006122	0	2009031	0	2011306	0	2014215	0
2006123	0	2009032	1518.4	2011307	1034.56	2014216	0
2006124	0	2009033	0	2011308	0	2014217	0
2006125	2486.08	2009034	1138.24	2011309	1069.12	2014218	0
2006126	0	2009035	1138.24	2011310	3592	2014219	0
2006127	12819.52	2009036	1276.48	2011311	2278.72	2014220	0
2006128	10918.72	2009037	2175.04	2011312	4870.72	2014221	0
2006129	8119.36	2009038	4732.48	2011313	0	2014222	0
2006130	1034.56	2009039	0	2011314	1034.56	2014223	0
2006131	0	2009040	1034.56	2011315	0	2014224	0
2006132	0	2009041	0	2011316	3142.72	2014225	0
2006133	0	2009042	0	2011317	1103.68	2014226	0
2006134	1311.04	2009043	2382.4	2011318	2244.16	2014227	0
2006135	0	2009044	2313.28	2011319	1552.96	2014228	0
2006136	0	2009045	1034.56	2011320	1138.24	2014229	0
2006137	0	2009046	0	2011321	8845.12	2014230	0
2006138	1034.56	2009047	0	2011322	2693.44	2014231	0
2006139	1207.36	2009048	1034.56	2011323	2209.6	2014232	0
2006140	0	2009049	1552.96	2011324	2347.84	2014233	0
2006141	0	2009050	0	2011325	1034.56	2014234	0
2006142	0	2009051	1172.8	2011326	2226.88	2014235	0
2006143	1034.56	2009052	1069.12	2011327	1069.12	2014236	0
2006144	3004.48	2009053	3972.16	2011328	0	2014237	0
2006145	31101.76	2009054	1241.92	2011329	0	2014238	0
2006146	2416.96	2009055	5942.08	2011330	1933.12	2014239	0
2006147	1103.68	2009056	5078.08	2011331	5389.12	2014240	0
2006148	0	2009057	1172.8	2011332	1311.04	2014241	0
2006149	0	2009058	0	2011333	1501.12	2014242	0
2006150	0	2009059	1103.68	2011334	0	2014243	0
2006151	0	2009060	1829.44	2011335	1483.84	2014244	2036.8
2006152	0	2009061	1587.52	2011336	0	2014245	8706.88
2006153	1760.32	2009062	0	2011337	2624.32	2014246	3764.8
2006154	2105.92	2009063	3384.64	2011338	20008	2014247	3108.16
2006155	0	2009064	11955.52	2011339	5942.08	2014248	2175.04
2006156	0	2009065	0	2011340	4283.2	2014249	3246.4
2006157	0	2009066	6806.08	2011341	5596.48	2014250	0
2006158	0	2009067	0	2011342	2244.16	2014251	1069.12
2006159	0	2009068	1380.16	2011343	6011.2	2014252	0
2006160	1138.24	2009069	4974.4	2011344	2175.04	2014253	1069.12
2006161	1276.48	2009070	1241.92	2011345	0	2014254	1069.12
2006162	0	2009071	1587.52	2011346	1552.96	2014255	2175.04
2006163	1760.32	2009072	1967.68	2011347	0	2014256	1276.48
2006164	3868.48	2009073	1207.36	2011348	0	2014257	0
2006165	1691.2	2009074	1552.96	2011349	0	2014258	0
2006166	1241.92	2009075	12819.52	2011350	1414.72	2014259	1034.56
2006167	1172.8	2009076	4594.24	2011351	0	2014260	0
2006168	37564.48	2009077	8050.24	2011352	1276.48	2014261	0
2006169	0	2009078	1760.32	2011353	0	2014262	0
2006170	0	2009079	2002.24	2011354	0	2014263	1103.68
2006171	0	2009080	3039.04	2011355	0	2014264	0
2006172	0	2009081	10434.88	2011356	0	2014265	0
2006173	0	2009082	3557.44	2011357	0	2014266	2105.92
2006174	1034.56	2009083	1276.48	2011358	0	2014267	0
2006175	1345.6	2009084	3039.04	2011359	0	2014268	0

2006176	0	2009085	1794.88	2011360	0	2014269	0
2006177	0	2009086	2900.8	2011361	0	2014270	2900.8
2006178	0	2009087	0	2011362	0	2014271	0
2006179	0	2009088	0	2011363	0	2014272	0
2006180	2416.96	2009089	0	2011364	0	2014273	0
2006181	2002.24	2009090	0	2011365	0	2014274	0
2006182	0	2009091	0	2012001	0	2014275	0
2006183	0	2009092	0	2012002	0	2014276	0
2006184	0	2009093	0	2012003	0	2014277	0
2006185	0	2009094	2105.92	2012004	0	2014278	0
2006186	0	2009095	1241.92	2012005	0	2014279	1311.04
2006187	0	2009096	3488.32	2012006	0	2014280	1034.56
2006188	0	2009097	5389.12	2012007	0	2014281	0
2006189	0	2009098	1138.24	2012008	0	2014282	0
2006190	0	2009099	0	2012009	0	2014283	0
2006191	0	2009100	0	2012010	0	2014284	0
2006192	0	2009101	0	2012011	0	2014285	0
2006193	0	2009102	1276.48	2012012	0	2014286	0
2006194	0	2009103	1414.72	2012013	0	2014287	1138.24
2006195	0	2009104	0	2012014	0	2014288	0
2006196	0	2009105	0	2012015	0	2014289	0
2006197	0	2009106	3453.76	2012016	0	2014290	0
2006198	0	2009107	0	2012017	0	2014291	0
2006199	0	2009108	1241.92	2012018	2520.64	2014292	0
2006200	0	2009109	1241.92	2012019	1069.12	2014293	0
2006201	0	2009110	6806.08	2012020	1069.12	2014294	0
2006202	0	2009111	0	2012021	1276.48	2014295	0
2006203	0	2009112	0	2012022	0	2014296	3488.32
2006204	0	2009113	0	2012023	8534.08	2014297	0
2006205	0	2009114	1069.12	2012024	2140.48	2014298	3488.32
2006206	0	2009115	0	2012025	1518.4	2014299	1138.24
2006207	0	2009116	7428.16	2012026	0	2014300	1069.12
2006208	0	2009117	6667.84	2012027	0	2014301	1241.92
2006209	0	2009118	4663.36	2012028	0	2014302	1483.84
2006210	0	2009119	3592	2012029	0	2014303	1103.68
2006211	0	2009120	1656.64	2012030	0	2014304	6598.72
2006212	0	2009121	0	2012031	0	2014305	2105.92
2006213	0	2009122	0	2012032	0	2014306	0
2006214	0	2009123	0	2012033	1518.4	2014307	1034.56
2006215	0	2009124	2486.08	2012034	0	2014308	0
2006216	0	2009125	0	2012035	1138.24	2014309	1069.12
2006217	0	2009126	12819.52	2012036	1138.24	2014310	3592
2006218	0	2009127	10918.72	2012037	1276.48	2014311	2278.72
2006219	0	2009128	8119.36	2012038	2175.04	2014312	4870.72
2006220	0	2009129	1034.56	2012039	4732.48	2014313	0
2006221	0	2009130	0	2012040	0	2014314	1034.56
2006222	0	2009131	0	2012041	1034.56	2014315	0
2006223	0	2009132	0	2012042	0	2014316	3142.72
2006224	0	2009133	1311.04	2012043	0	2014317	1103.68
2006225	0	2009134	0	2012044	2382.4	2014318	2244.16
2006226	0	2009135	0	2012045	2313.28	2014319	1552.96
2006227	0	2009136	0	2012046	1034.56	2014320	1138.24
2006228	0	2009137	1034.56	2012047	0	2014321	8845.12
2006229	0	2009138	1207.36	2012048	0	2014322	2693.44
2006230	0	2009139	0	2012049	1034.56	2014323	2209.6
2006231	0	2009140	0	2012050	1552.96	2014324	2347.84
2006232	0	2009141	0	2012051	0	2014325	1034.56
2006233	0	2009142	1034.56	2012052	1172.8	2014326	2226.88
2006234	0	2009143	3004.48	2012053	1069.12	2014327	1069.12
2006235	0	2009144	31101.76	2012054	3972.16	2014328	0
2006236	0	2009145	2416.96	2012055	1241.92	2014329	0
2006237	0	2009146	1103.68	2012056	5942.08	2014330	1933.12
2006238	0	2009147	0	2012057	5078.08	2014331	5389.12
2006239	0	2009148	0	2012058	1172.8	2014332	1311.04
2006240	0	2009149	0	2012059	0	2014333	1501.12

2006241	0	2009150	0	2012060	1103.68	2014334	0
2006242	0	2009151	0	2012061	1829.44	2014335	1483.84
2006243	0	2009152	1760.32	2012062	1587.52	2014336	0
2006244	2036.8	2009153	2105.92	2012063	0	2014337	2624.32
2006245	8706.88	2009154	0	2012064	3384.64	2014338	20008
2006246	3764.8	2009155	0	2012065	11955.52	2014339	5942.08
2006247	3108.16	2009156	0	2012066	0	2014340	4283.2
2006248	2175.04	2009157	0	2012067	6806.08	2014341	5596.48
2006249	3246.4	2009158	0	2012068	0	2014342	2244.16
2006250	0	2009159	1138.24	2012069	1380.16	2014343	6011.2
2006251	1069.12	2009160	1276.48	2012070	4974.4	2014344	2175.04
2006252	0	2009161	0	2012071	1241.92	2014345	0
2006253	1069.12	2009162	1760.32	2012072	1587.52	2014346	1552.96
2006254	1069.12	2009163	3868.48	2012073	1967.68	2014347	0
2006255	2175.04	2009164	1691.2	2012074	1207.36	2014348	0
2006256	1276.48	2009165	1241.92	2012075	1552.96	2014349	0
2006257	0	2009166	1172.8	2012076	12819.52	2014350	1414.72
2006258	0	2009167	37564.48	2012077	4594.24	2014351	0
2006259	1034.56	2009168	0	2012078	8050.24	2014352	1276.48
2006260	0	2009169	0	2012079	1760.32	2014353	0
2006261	0	2009170	0	2012080	2002.24	2014354	0
2006262	0	2009171	0	2012081	3039.04	2014355	0
2006263	1103.68	2009172	0	2012082	10434.88	2014356	0
2006264	0	2009173	1034.56	2012083	3557.44	2014357	0
2006265	0	2009174	1345.6	2012084	1276.48	2014358	0
2006266	2105.92	2009175	0	2012085	3039.04	2014359	0
2006267	0	2009176	0	2012086	1794.88	2014360	0
2006268	0	2009177	0	2012087	2900.8	2014361	0
2006269	0	2009178	0	2012088	0	2014362	0
2006270	2900.8	2009179	2416.96	2012089	0	2014363	0
2006271	0	2009180	2002.24	2012090	0	2014364	0
2006272	0	2009181	0	2012091	0	2014365	0
2006273	0	2009182	0	2012092	0		
2006274	0	2009183	0	2012093	0		

